



Biogas

Sumber Biogas:

Kotoran Ternak, Jerami Padi, Eceng Gondok,
Limbah Industri Tahu, Bungkil Jarak Pagar,
Limbah Kelapa Sawit, dan Sampah Organik

.....

Jenis Digester dan Cara Membuat Instalasi Biogas

.....

Cara Mengoperasikan untuk Rumah Tangga dan Listrik

PUSTAKAAN
ARSIPAN
AWA TIMUR

746 6
RI
.2

Sri Wahyuni, MP

BIOGAS

Sri Wahyuni, MP

Hak cipta dilindungi oleh undang-undang.

Dilarang mengutip atau memperbanyak sebagian atau seluruh isi buku ini tanpa izin tertulis dari penerbit.

Isi di luar tanggung jawab percetakan.

Ketentuan pidana pasal 72 UU No. 19 tahun 2002

1. Barang siapa dengan sengaja dan tanpa hak melakukan perbuatan sebagaimana dimaksud dalam pasal 2 ayat (1) atau pasal 49 ayat (1) dan ayat (2) dipidana dengan pidana penjara paling singkat 1 (satu) bulan dan/atau denda paling sedikit Rp 1.000.000,00 (satu juta rupiah) atau pidana penjara paling lama 7 (tujuh) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 5.000.000.000,00 (lima miliar rupiah).
2. Barang siapa dengan sengaja menyiarkan, memamerkan, mengedarkan, atau menjual kepada umum suatu Ciptaan atau barang hasil pelanggaran Hak Cipta atau Hak Terkait sebagaimana dimaksud pada ayat (1), dipidana dengan pidana penjara paling lama 5 (lima) tahun dan/atau denda paling banyak Rp 500.000.000,00 (lima ratus juta rupiah).



Penebar Swadaya

Penyusun:
Sri wahyuni, MP

Foto sampul:
Dok. Penebar Swadaya

Foto ilustrasi:
Dok. PT Media Inovasi Transfer dan dok Penebar Swadaya

Ilustrator:
Komaruddin

Penerbit:
Penebar Swadaya
Wisma Hijau Jl. Raya Bogor Km. 30 Mekarsari, Cimanggis, Depok 16952
Telp. (021) 8729060, 8729061 Fax. (021) 87711277
Http://www.penebar-swadaya.com
E-mail : ps@penebar-swadaya.com
Pemasaran: Niaga Swadaya, Jl. Gunung Sahari III/7, Jakarta 10610
Telp. (021) 4204402, 4255354; Fax. (021) 4214821

Cetakan:
I. Jakarta 2008

F XXXVII/1232/2009

Perpustakaan Nasional: katalog dalam terbitan (KDT)

Wahyuni, Sri

Biogas / Sri Wahyuni

- Cet. 1 - Jakarta: Penebar Swadaya, 2009.

iv + 92 him.; ilus.; 23 cm.

Bibliografi: him.

ISBN 978-802-371-5

1. Teknologi

I. Judul

Daftar Isi

Prakata, 3

Bab 1. Perlunya Energi Alternatif, 5

- A. Krisis BBM dan Listrik, 6
- B. Solusi Krisis Energi, 9
- C. Biogas dan Lingkungan, 11
- D. Peran Pemerintah, 12

Bab 2. Prinsip Dasar Biogas, 14

- A. Biogas, 14
- B. Bakteri Metanogenik, 16
- C. Input dan Sifat-sifatnya, 16
- D. Proses Fermentasi, 17
- E. Teknologi Biogas, 19

Bab 3. Biogas Dari Limbah Peternakan dan Pertanian, 26

- A. Biogas dari Limbah Peternakan, 29
- B. Biogas dari Limbah Pertanian, 35

Bab 4. Biogas Dari Limbah Industri dan Sampah Organik, 44

- A. Biogas dari Bungkil Jarak Pagar, 44

- B. Biogas dari Limbah Industri Tahu, 47
- C. Biogas dari Limbah Kelapa Sawit, 49
- D. Biogas dari Sampah Organik, 52

Bab 5. Jenis-jenis Reaktor Biogas (Digester), 56

- A. Reaktor Kubah Tetap (*Fixed-Dome*), 56
- B. Reaktor *Floating*, 58
- C. Reaktor Balon, 59
- D. Reaktor *Fiberglass*, 60

Bab 6. Membangun Instalasi Biogas, 61

- A. Digester, 62
- B. Membangun Digester dan Instalasi Biogas, 65

Bab 7. Mengoperasikan Biogas, 74

- A. Menyiapkan Kompor/Generator, 74
- B. Cara Menggunakan Kompor Biogas, 75
- C. Cara Menggunakan Mesin Generator Listrik, 79

Bab 8. Mengolah Limbah dari Digester Biogas, 80

- A. Memanfaatkan Limbah sebagai Pupuk, 80
- B. Pupuk Cair dan Pupuk Padat Organik, 81

Bab 9. Biaya Pembangunan Instalasi Digester Biogas, 85

- A. Biaya Instalasi dan Operasional, 85
- C. Pendapatan, 86

Daftar Pustaka, 89

Biodata Penulis, 92

Prakata

Tidak menentunya harga bahan bakar minyak (BBM) yang kadang naik, kadang turun, sangat membebani masyarakat. Namun, kebijakan pemerintah untuk menaikkan harga ini sudah dipertimbangkan dengan matang. Permintaan konsumen terhadap BBM ditingkat dunia yang semakin meningkat menyebabkan harga minyak di pasar internasional melambung. Yang menjadi pertanyaan adalah jika BBM mahal, apakah kita tidak bisa “hidup” tanpa menggunakan bahan bakar minyak tersebut? Ternyata tidak demikian. Sumber energi alternatif telah banyak ditemukan dalam berbagai riset. Salah satunya adalah pemanfaatan limbah pertanian, peternakan, dan industri pertanian untuk pembuatan biogas. Biogas dari bahan organik juga dapat digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Teknologi pembuatan biogas sebenarnya bukan hal yang asing. Di Amerika, teknologi ini telah dipakai puluhan tahun yang lalu. Demikian juga di Indonesia. Walaupun demikian, masyarakat tetap lebih suka menggunakan bahan bakar minyak karena lebih praktis digunakan. Namun, dalam kondisi seperti ini, ketika harga



BBM melambung dan tidak menentu, tidak ada salahnya jika kita menengok kembali teknologi pembuatan biogas yang nantinya bisa diaplikasikan sebagai sumber energi alternatif.

Buku yang ada dihadapan Anda ini memaparkan teknik pembuatan instalasi digester biogas dengan memanfaatkan limbah pertanian, peternakan, dan limbah industri. Penulis berusaha menekankan aspek teknik pembuatan instalasi biogas sehingga diharapkan bisa diterapkan oleh masyarakat. Jika diterapkan, setidaknya ada manfaat ganda yang bias diperoleh, yaitu teratasinya problem pencemaran lingkungan, diperolehnya energi alternatif, serta dihasilkannya pupuk organik (padat dan cair) yang siap pakai.

Penulis menyadari masih banyak kekurangan dalam penyusunan buku ini. Karena itu, segala kritik dan saran yang membangun akan penulis terima dengan senang hati. Semoga buku ini bermanfaat bagi pembaca. Selamat membaca dan mencoba mengaplikasikan teknologi ini.

Bogor, Februari 2009

Penulis

Bab 1

Perlunya Energi Alternatif

Energi dari suatu benda adalah ukuran dari kesanggupan benda tersebut untuk melakukan suatu usaha. Satuan energi adalah joule. Energi terbagi dalam berbagai macam/jenis, contohnya energi panas, energi air, energi batu bara, energi minyak bumi, energi listrik, energi matahari, energi angin, energi nuklir, dan energi gas bumi.

Energi yang disebutkan di atas termasuk energi yang tidak dapat diperbaharui. Artinya, energi tersebut sumbernya terbatas dan sulit diperbanyak. Penggunaan energi secara tidak terbatas akan mempercepat habisnya sumber energi sehingga saat ini pemerintah gencar melakukan kampanye hemat energi. Kebutuhan manusia yang tidak terbatas selalu dibatasi dengan ketersediaan sumber daya untuk memenuhinya. Salah satu masalah keterbatasan manusia pada zaman modern ini adalah bahan bakar, khususnya bahan bakar minyak (BBM). Hal ini karena BBM merupakan sumber daya alam yang tidak bisa diperbaharui. Kondisi tersebut dialami oleh hampir seluruh negara di dunia, termasuk di Indonesia.

A. Krisis BBM dan Listrik

Energi yang paling banyak digunakan untuk aktivitas manusia adalah energi minyak bumi dan energi listrik. Energi minyak bumi yang banyak digunakan dalam kehidupan sehari-hari adalah minyak tanah, bensin, dan solar. Pada saat ini perubahan harga energi minyak bumi sangat berpengaruh besar terhadap perekonomian Indonesia. Kenaikan harga minyak bumi menjadi masalah bagi pemerintah karena akan menambah biaya subsidi pemerintah. Polemik yang mendera bangsa Indonesia di bidang energi terasa semakin pelik. Berbagai kebijakan energi yang diterapkan pemerintah tidak mampu meyakinkan rakyat. Sementara itu, tuntutan pemenuhan kebutuhan energi semakin mendesak.

Harga minyak tanah yang melambung serta sukar didapat dan bahkan langka di pasaran, banyak mendorong para ibu di Indonesia kembali menggunakan kayu bakar, bahan bakar baru dengan blotong (sisa proses produksi pabrik gula), dan yang beruntung dapat menggunakan biogas. Apa pun alasan atas



Krisis energi berdampak pada kenaikan harga bahan bakar minyak (BBM)

kelangkaan minyak tanah tersebut, Pertamina tetap bersikukuh hanya mendistribusikan minyak tanah sesuai kuota tahun 2008, yaitu 9,9 juta kiloliter. Berdasarkan fakta, kebutuhan minyak tanah adalah 10 juta kiloliter per tahun. Anggaran yang ditetapkan pemerintah dalam APBN untuk pembelian minyak ternyata jauh lebih kecil dibandingkan dengan harga minyak dunia yang sebenarnya. Kalau tidak diatasi, hal ini merupakan salah satu komponen pembangkrut negara. Kondisi ini akan memaksa pemerintah mengurangi subsidi bahan bakar minyak (BBM).

Beban subsidi BBM bagi pemerintah sangat berat. Setiap tahunnya pemerintah menganggarkan kurang lebih Rp 50 triliun untuk keperluan subsidi BBM (minyak tanah, premium, dan solar). Subsidi BBM yang terbesar dikenakan pada minyak tanah. Hal ini karena minyak tanah merupakan sarana bahan bakar bagi berbagai keperluan rumah tangga sampai pada industri. Data terakhir menyebutkan bahwa subsidi minyak tanah sekitar Rp 3.800 setiap liternya dan menyedot hampir 50% dari total subsidi BBM. Kebutuhan minyak tanah sebagai salah satu elemen BBM



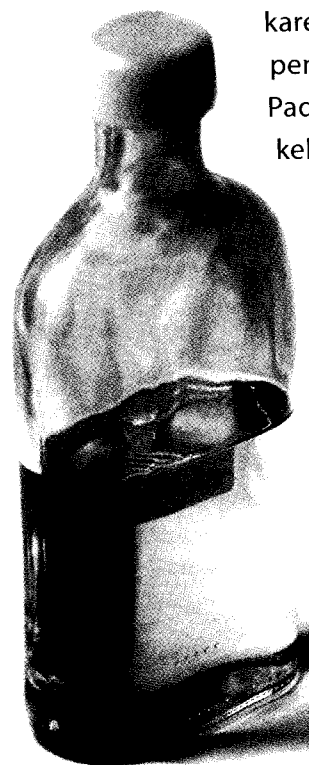
Kelangkaan minyak tanah merupakan dampak langsung yang dirasakan oleh masyarakat

memiliki kecenderungan yang terus meningkat. Apalagi, kondisi tersebut diimbangi dengan semakin naiknya harga minyak dunia.

Belum lagi masalah minyak tanah selesai ditangani, masalah energi listrik sudah mencuat lagi. Pemadaman listrik secara bergilir sudah menjadi kebiasaan dan terjadi di beberapa daerah di negeri ini. Listrik menjadi sumber energi utama bagi masyarakat, terutama masyarakat perkotaan. Dua masalah penting yang melatarbelakangi terjadinya krisis listrik tersebut adalah 1) terbatasnya kapasitas pembangkit dan 2) Perusahaan Listrik Negara (PLN) dihadapkan pada masalah kesulitan membeli batubara sebagai bahan bakar penggerak pembangkit listrik yang dimiliki oleh perusahaan listrik negara tersebut. Adapun

masalah kesulitan PLN mendapatkan batubara karena semakin mahalnya bahan bakar penggerak pembangkit listrik tersebut. Padahal, Indonesia memiliki potensi kekayaan batubara yang sangat besar (terbesar di Asia), yaitu total sejumlah hampir 70 miliar ton dengan potensi yang dapat ditambang sebesar hampir 7 miliar ton. Dari potensi itu, Indonesia memproduksi sekitar 200 juta ton setiap tahunnya.

Seiring dengan naiknya harga batubara di pasar dunia, produksi batu bara Indonesia terus meningkat setiap tahun, yaitu dari 193 juta ton



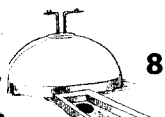
Minyak tanah. Harganya cukup tinggi dan keberadannya di pasaran langka. Salah satu penyebabnya adalah konversi minyak tanah ke gas

pada 2006 menjadi 205 juta ton pada 2007, dan diproyeksikan meningkat pada 2008 menjadi 235 juta ton. Kelangkaan batubara untuk industri listrik domestik terjadi karena produksi batubara Indonesia yang melimpah tersebut, sebagian besarnya (yaitu sekitar 75%) justru diekspor ke luar negeri. tak pelak lagi sektor kelistrikan nasional akan selalu dihadapkan pada masalah kesulitan akses bahan bakar penting penggerak 46% pembangkit listrik nasional tersebut yang berimplikasi pada krisis listrik berkelanjutan.

B. Solusi Krisis Energi

Setelah harga BBM naik beberapa hari yang lalu, kehidupan masyarakat baik di desa maupun di kota semakin sulit. Warga berlomba-lomba mencari sumber energi alternatif, ada yang menggunakan energi matahari, energi air, maupun energi angin. Namun, sejauh ini masih belum ditemukan sumber energi yang benar-benar bisa menggantikan bahan bakar minyak. Kebanyakan sumber energi alternatif tidak bisa menghasilkan energi sebesar energi yang dihasilkan bahan bakar minyak. Sebenarnya ada sumber energi alternatif yang relatif sederhana dan sangat cocok untuk masyarakat pedesaan. Energi alternatif itu adalah biogas.

Biogas memiliki kandungan energi tinggi yang tidak kalah dari kandungan energi dari bahan bakar fosil. Nilai kalori dari 1 m³ biogas setara dengan 0,6—0,8 liter minyak tanah. Untuk menghasilkan listrik 1 kwh dibutuhkan 0,62—1 m³ biogas yang setara dengan 0,52 liter minyak solar. Oleh karena itu, biogas sangat cocok menggantikan minyak tanah, LPG, dan bahan bakar fosil lainnya. Biogas mengandung 75% metana. Semakin tinggi kandungan metana dalam bahan bakar, semakin besar kalori yang dihasilkan. Oleh karena itu, biogas juga memiliki karakteristik yang sama dengan gas alam. Dengan demikian, jika biogas diolah dengan benar, bisa digunakan untuk menggantikan gas alam.





Biogas. Menjadi salah satu alternatif solusi mengatasi kelangkaan BBM

Biogas saat ini telah dapat digunakan sebagai bahan bakar generator pembangkit listrik. Generator yang sebelumnya menggunakan solar atau bensin sebagai bahan bakarnya dapat digantikan oleh biogas. Sementara limbah dari biogas dapat digunakan sebagai pupuk. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, dan lignin tidak bisa digantikan oleh pupuk kimia. Dari alasan-alasan dapat disimpulkan bahwa biogas adalah bahan bakar alternatif terbaik, khususnya untuk masyarakat pedesaan.

Dengan adanya biogas maka dapat diperoleh manfaat sebagai berikut.

- Membantu menurunkan emisi gas rumah kaca (GRK) yang bermanfaat dalam memperlambat laju pemanasan global.
- Menghemat pengeluaran masyarakat, dengan memanfaatkan biogas sebagai pengganti bahan bakar minyak tanah/kayu bakar untuk memasak dan dapat digunakan sebagai pembangkit listrik.

Meningkatkan pendapatan masyarakat dengan dihasilkannya pupuk organik yang berkualitas atau dapat menghemat biaya pembelian pupuk bagi yang memerlukannya.

Pemakaian kayu dan minyak tanah akan berkurang.

Memperingan beban keuangan negara karena subsidi BBM minyak tanah dan pupuk akan berkurang.

Mewujudkan lingkungan yang bersih karena dapat mengurangi pencemaran lingkungan.

Membuka lapangan kerja baru.

C. Biogas dan Lingkungan

Biogas mempunyai beberapa keunggulan dibandingkan dengan BBM yang berasal dari fosil. Sifatnya yang ramah lingkungan dan dapat diperbaharui merupakan keunggulan dari biogas dibandingkan dengan bahan bakar fosil. Bahan bakar fosil selama ini diisukan menjadi penyebab dari pemanasan global. Bahan bakar fosil yang pembakarannya tidak sempurna dapat menyebabkan gas CO_2 naik ke permukaan bumi dan menjadi penghalang pemantulan panas bumi. Hal tersebut menyebabkan tingginya suhu di atas permukaan bumi seperti yang terjadi beberapa tahun belakang ini. Biogas sebagai salah satu energi alternatif dipastikan dapat menggantikan bahan bakar fosil yang keberadaannya semakin hari semakin terbatas.

Biogas yang dihasilkan dari instalasi secara tidak langsung telah banyak membawa manfaat terhadap lingkungan. Limbah yang awalnya dibuang ke sungai, dengan dibangunnya instalasi biogas dapat termanfaatkan dengan baik. Limbah tersebut diproses di dalam instalasi yang tidak menimbulkan bau menyengat. Ampas atau *sludge* yang merupakan keluaran dari digester biogas dapat diproses kembali menjadi pupuk organik. Biogas yang telah ada minimal dapat mengurangi limbah yang dibuang ke sungai sehingga tingkat pencemaran sungai akibat limbah dapat dikurangi.



Biogas mempunyai keunggulan terhadap lingkungan dibandingkan dengan BBM yang berasal dari fosil, yaitu sifatnya ramah lingkungan dan dapat diperbaharui

D. Peran Pemerintah

Program pengembangan energi alternatif dari biogas dapat menciptakan lapangan kerja baru bagi masyarakat. Adanya instalasi biogas dan hasil sampingnya dapat memberdayakan sumber daya manusia yang berpendidikan menengah untuk diberdayakan secara optimal. Keluaran dari digester biogas yang diolah menjadi pupuk organik memberikan dua keuntungan sekaligus. Pertama, terciptanya lapangan kerja dan yang kedua dihasilkannya benefit dari penjualan pupuk organik.

Biogas sebagai sumber energi alternatif memberikan manfaat yang cukup besar kepada rumah tangga. Selama ini mereka menggunakan minyak tanah sebagai bahan bakar dalam memasak. Minyak tanah yang langka di pasaran dan harganya yang relatif meningkat lima tahun terakhir ini menyebabkan keberadaan biogas sangat dipertimbangkan.

Pembuatan instalasi biogas diharapkan dapat membantu pemerintah dalam mencari solusi dari masalah kelangkaan BBM dan penciptaan lapangan kerja baru. Kelangkaan BBM di daerah, terutama pedesaan, baik itu dari akibat terlambatnya pasokan BBM dari pusat, dapat diminimalkan dengan adanya sumber energi alternatif biogas.



Bab 2

Prinsip Dasar Biogas

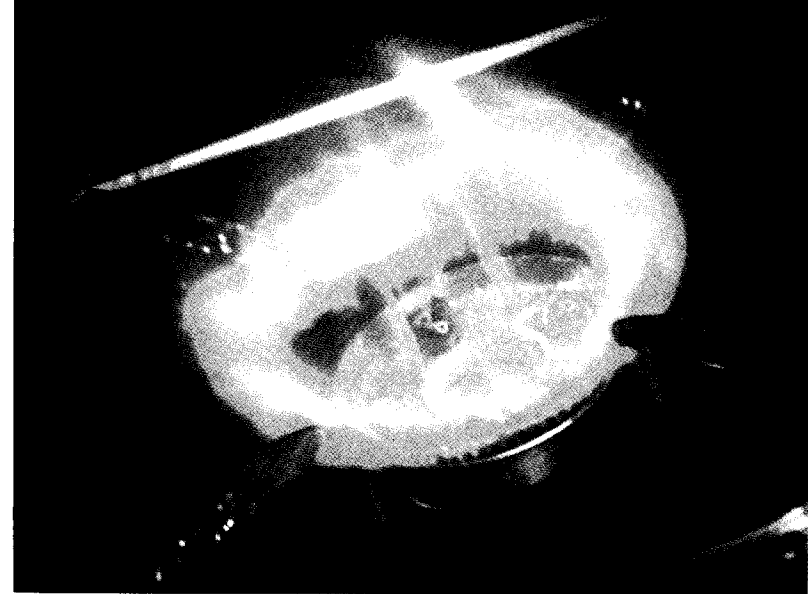
Biogas merupakan salah satu sumber energi terbarukan yang dapat menjawab kebutuhan energi alternatif. Biogas adalah gas yang dihasilkan dari proses penguraian bahan-bahan organik oleh mikroorganisme dalam keadaan anaerob. Untuk menghasilkan biogas dibutuhkan reaktor biogas (digester) yang merupakan suatu instalasi kedap udara sehingga proses dekomposisi bahan organik dapat berjalan secara optimum. Di samping itu, digester biogas dapat mengurangi emisi gas metana (CH_4) yang merupakan salah satu gas yang menimbulkan efek gas rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan.

Untuk mengetahui proses terbentuknya biogas maka dalam bab ini akan dibahas mengenai prinsip dasar biogas.

A. Biogas

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik. Pada umumnya

Biogas. Apabila dibakar, akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG



biogas terdiri atas gas metana (CH_4) 50 sampai 70%, gas karbon dioksida (CO_2) 30—40%, hidrogen (H_2) 5—10%, dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit.

Biogas kira-kira memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan udara. Biogas memiliki suhu pembakaran antara $650\text{--}750^\circ\text{C}$. Biogas tidak berbau dan berwarna. Apabila dibakar, akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/m^3 dengan efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas. Gas metana (CH_4) termasuk gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global. Hal ini karena gas metana memiliki dampak 21 kali lebih tinggi dibandingkan gas karbondioksida (CO_2). Pengurangan gas metana secara lokal dapat berperan positif dalam upaya mengatasi masalah global, terutama efek rumah kaca yang berakibat pada perubahan iklim global.

B. Bakteri Metanogenik

Bakteri metanogenik atau metanogen adalah bakteri yang terdapat pada bahan-bahan organik dan menghasilkan metan serta gas-gas lainnya dengan proses keseluruhan rantai hidupnya dalam keadaan anaerobik. Sebagai organisme-organisme hidup, ada kecenderungan untuk menyukai kondisi tertentu dan peka pada iklim mikro dalam digester. Terdapat banyak spesies dari metanogen dan variasi sifat-sifatnya.

Perbedaan bakteri-bakteri pembentuk metan memiliki sifat-sifat fisiologi seperti bakteri pada umumnya. Namun, morfologi selnya heterogen. Beberapa berbentuk batang atau bulat. Sedangkan lainnya termasuk kluster bulat yang disebut *sarcine*. Famili metanogen (bakteri metana) digolongkan menjadi empat genus berdasarkan perbedaan-perbedaan sitologi. Bakteri berbentuk batang (a) tidak berspora, *methanobacterium* (b) berspora, *methanobacillus*. Bakteri berbentuk lonjong, yaitu (a) *Sarcine*, *methanosarcina* (b) Tidak termasuk group *sarcinal*, *methanococcus* [6,9,10].

Bakteri metanogenik berkembang lambat dan sensitif terhadap perubahan mendadak pada kondisi-kondisi fisik dan kimiawi. Sebagai contoh, penurunan 2^o C secara mendadak pada *sludge* mungkin secara signifikan berpengaruh pada pertumbuhannya dan laju produksi gas [6,9,10].

C. Input dan Sifat-sifatnya

Beberapa bahan yang dapat terurai secara organik dapat digunakan sebagai input prosesing bioreaktor. Namun, alasan teknis dan ekonomis, beberapa bahan lebih dikehendaki sebagai input daripada bahan lainnya. Jika input mahal atau perlu dibeli, kemudian keuntungan ekonomis keluaran seperti gas dan *sludge* akan rendah. Sebaliknya, jika limbah yang mudah terurai secara organik dengan mudah tersedia digunakan sebagai input, keuntungan yang didapatkan akan berlipat: (a) nilai ekonomis

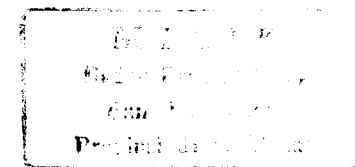
biogas dan lumpur keluaran dari reaktor (*effluent*), serta (b) harga pencemaran lingkungan dapat dihindari dengan penguraian keluaran secara organik dari digester dengan cara ditaburkan ke lahan pertanian. Salah satu dari beberapa hal yang menarik pada teknologi biogas adalah kemampuannya untuk membentuk biogas dari limbah organik yang jumlahnya berlimpah dan tersedia secara bebas.

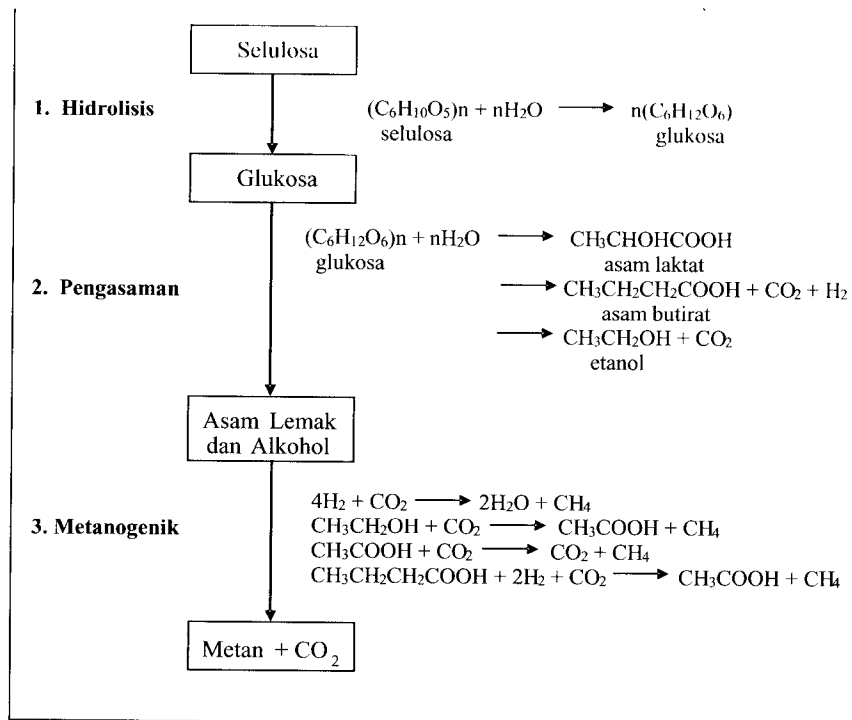
Berat padatan organik terbakar habis pada suhu 538^o C didefinisikan sebagai padatan tak stabil. Potensi produksi biogas dari bahan-bahan organik, dapat dikalkulasi berdasarkan kandungan padatan tak stabil. Semakin tinggi kandungan padatan tak stabil dalam satu unit volume dari bahan organik segar akan menghasilkan produksi gas yang lebih banyak.

D. Proses Fermentasi

Proses fermentasi mengacu pada berbagai reaksi dan interaksi yang terjadi di antara bakteri metanogen dan non-metanogen serta bahan yang diumpungkan ke dalam digester sebagai input. Ini adalah phisio-kimia yang kompleks dan proses biologis yang melibatkan berbagai faktor dan tahapan bentuk. Penghancuran input yang merupakan bahan organik dicapai dalam tiga tahapan, yaitu (a) hidrolisa, (b) *acidification*, dan (c) *methanization*.

Energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan. Pertama, produksi biogas dari kotoran peternakan sapi, misalnya, ditunjang oleh kondisi yang kondusif karena perkembangan peternakan sapi di Indonesia. Kondisi yang demikian sangat mendukung ketersediaan bahan baku secara kontinu dalam jumlah yang cukup untuk memproduksi biogas. Kedua, regulasi di bidang energi seperti kenaikan tarif listrik, kenaikan harga LPG (Liquefied Petroleum Gas), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.

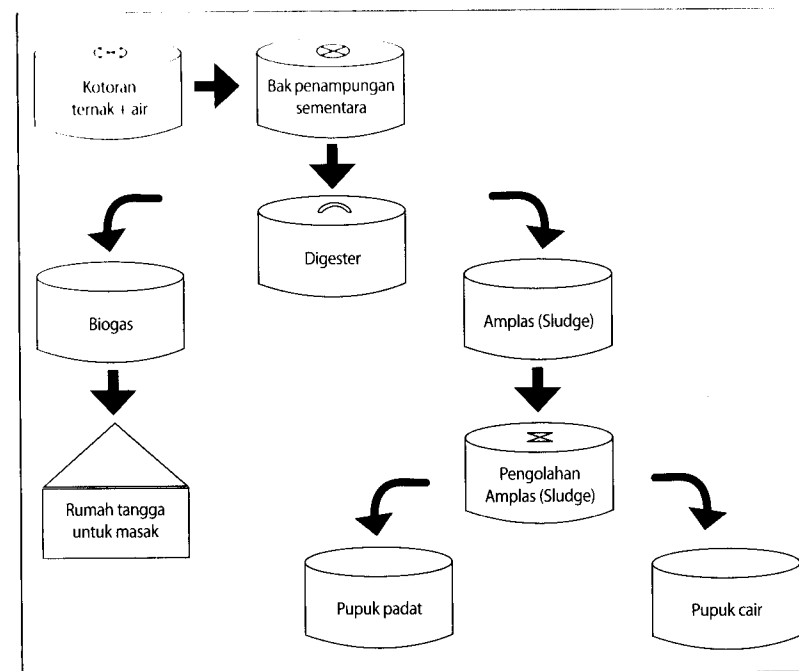




Gambar 1. Tahapan pembentukan biogas

Persamaan kimia (Gambar 1) menunjukkan bahwa banyak produk, hasil samping dan produk antara dihasilkan pada proses pencernaan input dalam kondisi anaerobik sebelum produk akhir (metana) diproduksi. Secara jelas, banyak faktor yang memfasilitasi dan menghambat telah memainkan peranan dalam proses. Beberapa faktor tersebut antara lain (a) nilai pH, (b) suhu, (c) laju pengumpanan, (d) waktu retensi, (e) *toxicity* dan (f) *sludge*.

Peternak sapi di Indonesia rata-rata memiliki 2—5 ekor sapi dengan lokasi yang tersebar. Kondisi demikian menyebabkan penanganan limbah kotoran ternak sulit dilakukan secara terintegrasi dengan sistem pertanian. Penanganan limbah yang baik sangat penting karena dapat memperkecil dampak negatif terhadap lingkungan, seperti polusi tanah, air, udara



Gambar 2. Diagram sistem proses produksi biogas dan pemanfaatannya

dan penyebaran penyakit menular. Pada umumnya peternak menangani limbah secara sederhana, seperti membuat kotoran ternak menjadi kompos maupun menyebarkan secara langsung di lahan pertanian. Oleh karena itu, pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas diharapkan dapat memberikan nilai tambah pada usaha peternakan.

E. Teknologi Biogas

Biogas adalah campuran gas yang dihasilkan oleh bakteri metanogenik yang terjadi pada material-material yang dapat terurai secara alami dalam kondisi anaerobik. Pada umumnya biogas terdiri atas gas metana (CH₄) 50—70%, karbondioksida (CO₂) 30—40%, hidrogen (H₂) 5—10% dan gas-gas lainnya dalam jumlah yang sedikit. Biogas kira-kira memiliki berat 20% lebih ringan dibandingkan udara dan memiliki suhu pembakaran

antara 650 sampai 750°C. Biogas tidak berbau dan tidak berwarna yang apabila dibakar akan menghasilkan nyala api biru cerah seperti gas LPG. Nilai kalor gas metana adalah 20 MJ/ m³ dengan efisiensi pembakaran 60% pada konvensional kompor biogas.

Beberapa hal yang menarik pada teknologi biogas adalah kemampuannya untuk membentuk biogas dari limbah organik yang jumlahnya berlimpah dan tersedia secara bebas. Variasi dari sifat-sifat biokimia menyebabkan produksi biogas juga bervariasi. Sejumlah bahan organik dapat digunakan bersama-sama dengan beberapa persyaratan produksi gas atau pertumbuhan normal bakteri metan yang sesuai. Beberapa sifat bahan organik tersebut mempunyai dampak yang nyata pada tingkat produksi gas.

1. Rasio C/N

Hubungan antara jumlah karbon dan nitrogen yang terdapat pada bahan organik dinyatakan dalam terminologi rasio karbon/nitrogen (C/N). Apabila rasio C/N sangat tinggi, nitrogen akan dikonsumsi sangat cepat oleh bakteri metan sampai batas persyaratan protein dan tak lama bereaksi ke arah kiri pada kandungan karbon pada bahan. Sebagai akibatnya, produksi metan akan menjadi rendah. Sebaliknya, apabila rasio C/N sangat rendah, nitrogen akan bebas dan berakumulasi dalam bentuk amoniak (NH₄). NH₄ akan meningkatkan derajat pH bahan dalam digester. pH lebih tinggi dari 8,5 akan mulai menunjukkan akibat racun pada populasi bakteri metan.

2. Kotoran hewan

Kotoran hewan, khususnya kotoran sapi, mempunyai rata-rata rasio C/N sekitar 24. Bahan tanaman seperti jerami dan limbah gergajian mengandung persentase karbon lebih tinggi. Rasio C/N dari beberapa bahan limbah komoditas terdapat pada Tabel 1. Bahan dengan rasio C/N tinggi dicampur dengan bahan

yang rasio C/N nya rendah sehingga didapatkan rata-rata rasio campuran input pada tingkat yang dikehendaki.

TABEL 1. RASIO C/N DARI BEBERAPA BAHAN ORGANIK

Bahan	Rasio C/N
Kotoran bebek	8
Kotoran manusia	8
Kotoran ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran kerbau/sapi	24
Air hyacinth	25
Kotoran gajah	43
Jerami (jagung)	60
Jerami (padi)	70
Jerami (gandum)	90
Tahi gergajian	di atas 200

Sumber: Karki and Dixit (1984)

3. Pengadukan dan konsistensi input

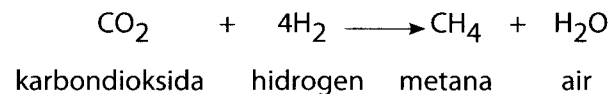
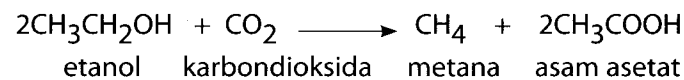
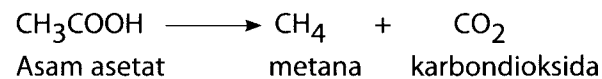
Untuk mempermudah pemahaman akan dibahas satu contoh bahan organik yang digunakan, yaitu kotoran sapi. Sebelum dimasukkan ke dalam digester, kotoran sapi dalam keadaan segar, dicampur dengan air (perbandingan 1 : 1) berdasarkan unit volume (air dan kotoran sapi dalam volume yang sama). Namun, jika kotoran sapi dalam bentuk kering, jumlah air harus ditambah sampai kekentalan yang diinginkan (bervariasi antara 1 : 1,25 sampai 1 : 2). Pengadukan dilakukan untuk menjaga total partikel padat tidak mengendap pada dasar digester. Jika terlalu pekat, partikel-partikel menghambat aliran gas yang terbentuk pada bagian bawah digester. Sebagai akibatnya, produksi gas lebih sedikit daripada perolehan optimum.

4. Padatan tak stabil

Berat padatan organik terbakar habis pada suhu 538^o C didefinisikan sebagai padatan tak stabil. Potensi produksi biogas dari bahan-bahan organik, dapat dikalkulasi berdasarkan kandungan padatan tak stabil. Semakin tinggi kandungan padatan tak stabil dalam satu unit volume dari kotoran sapi segar akan menghasilkan produksi gas yang lebih banyak.

5. Proses fermentasi

Proses fermentasi atau proses pencernaan mengacu berbagai reaksi dan interaksi yang terjadi di antara bakteri metanogen dan non-metanogen dan bahan yang diumpankan ke dalam pencernaan sebagai input. Ini adalah phisio-kimia yang kompleks dan proses biologis melibatkan berbagai faktor dan tahapan bentuk. Penghancuran input yang merupakan bahan organik dicapai dalam tiga tahapan, yaitu (a) hidrolisa, (b) *acidification*, dan (c) *methanization*.



Persamaan tersebut menunjukkan bahwa banyak produk, hasil samping dan produk antara dihasilkan pada proses pencernaan input dalam kondisi anaerobik sebelum produk akhir (metana) diproduksi. Secara jelas, banyak faktor yang memfasilitasi dan menghambat telah memainkan peranan dalam proses. Beberapa faktor tersebut dijelaskan sebagai berikut.

a) Nilai pH

Produksi biogas secara optimum dapat dicapai bila nilai pH dari campuran input di dalam digester berada pada kisaran 6 dan 7. Derajat keasaman (pH) dalam digester juga merupakan fungsi waktu di dalam digester tersebut. Pada tahap awal proses fermentasi, asam organik dalam jumlah besar diproduksi oleh bakteri pembentuk asam, pH dalam digester dapat mencapai di bawah 5. Keadaan ini cenderung menghentikan proses pencernaan atau proses fermentasi. Bakteri-bakteri metanogenik sangat peka terhadap pH dan tidak bertahan hidup di bawah pH 6.6. Kemudian proses pencernaan berlangsung, konsentrasi NH₄ bertambah pencernaan nitrogen dapat meningkatkan nilai pH di atas 8. Ketika produksi metana dalam kondisi stabil, kisaran nilai pH adalah 7,2—8,2.

b) Suhu

Bakteri metanogen dalam keadaan tidak aktif pada kondisi suhu ekstrim tinggi maupun rendah. Suhu optimum yaitu 35^o C. Ketika suhu udara turun sampai 10^o C produksi gas menjadi berhenti. Produksi gas sangat bagus yaitu pada kisaran mesofilik, antara suhu 25^o C dan 30^o C. Penggunaan isolasi yang memadai pada digester membantu produksi gas khususnya di daerah dingin.

c) Laju pengumpanan

Laju pengumpanan adalah jumlah bahan yang dimasukkan ke dalam digester per unit kapasitas per hari. Pada umumnya, 6 kg kotoran sapi per m³ volume digester adalah direkomendasikan pada suatu jaringan pengolah kotoran sapi. Apabila terjadi pemasukan bahan yang berlebihan, akan terjadi akumulasi asam dan produksi metana akan terganggu. Sebaliknya, bila pengumpanan kurang dari kapasitas digester, produksi gas juga menjadi rendah.

d) Waktu tinggal dalam digester

Waktu tinggal dalam digester adalah rata-rata periode waktu saat input masih berada dalam digester dan proses fermentasi oleh bakteri metanogen. Dalam jaringan dari digester dengan kotoran sapi, waktu tinggal dihitung dengan pembagian volume total dari digester oleh volume input yang ditambah setiap hari. Waktu tinggal juga tergantung pada suhu. Di atas suhu 35° C atau suhu lebih tinggi, waktu tinggal semakin singkat.

e) Toxicity

Ion mineral, logam berat, dan detergen adalah beberapa material racun yang mempengaruhi pertumbuhan normal bakteri patogen di dalam digester. Ion mineral dalam jumlah kecil (sodium, potasium, kalsium, amonium dan belerang) juga merangsang pertumbuhan bakteri. Namun, bila ion-ion ini dalam konsentrasi yang tinggi akan berakibat meracuni. Sebagai contoh, NH₄ pada konsentrasi 50 hingga 200 mg/l, dapat merangsang pertumbuhan mikroba. Namun, bila konsentrasinya di atas 1.500 mg/l, akan mengakibatkan keracunan.

TABEL 2. TINGKATAN RACUN DARI BEBERAPA ZAT PENGHAMBAT

Zat Penghambat	Konsentrasi
Sulfat (SO ₄ ⁻²)	5,000 ppm
Sodium Klorida atau garam (NaCl)	40,000 ppm
Nitrat (dihitung sebagai N)	0.05 mg/l
Tembaga (Cu ⁺²)	100 mg/l
Khrom (Cr ⁺³)	200 mg/l
Nikel (Ni ⁺³)	200 – 500 mg/l
Sodium (Na ⁺)	3,500 – 5,500 mg/l
Potasium (K ⁺)	2,500 – 4,500 mg/l
Kalsium (Ca ⁺²)	2,500 – 4,500 mg/l
Magnesium (Mg ⁺²)	1,000 – 1,500 mg/l
Mangan (Mn ⁺²)	above 1,500 mg/l

Sumber: Chengdu Biogas Research Institute, Chengdu, China (1989)

f) Sludge

Sludge adalah limbah keluaran berupa lumpur dari lubang pengeluaran digester setelah mengalami proses fermentasi oleh bakteri metana dalam kondisi anaerobik. Setelah ekstraksi biogas (energi), sludge dari digester sebagai produk samping dari sistem pencernaan secara aerobik. Kondisi ini, dapat dikatakan manur dalam keadaan stabil dan bebas patogen serta dapat dipergunakan untuk memperbaiki kesuburan tanah dan meningkatkan produksi tanaman.

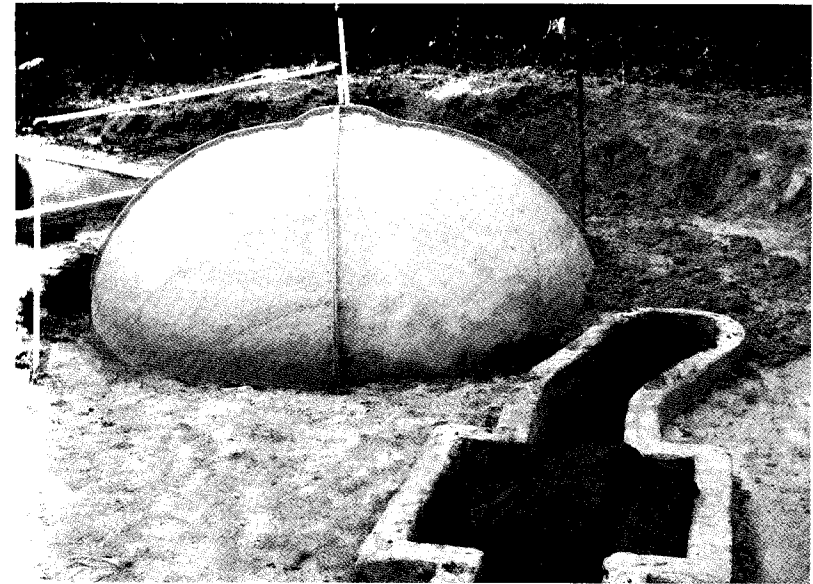


Bab 3

Biogas Dari Limbah Pternakan dan Pertanian

Ada beberapa jenis limbah dari peternakan dan pertanian, yaitu limbah padat, cair, dan gas. Limbah padat adalah semua limbah yang berbentuk padatan atau berada dalam fase padat. Limbah cair adalah semua limbah yang berbentuk cairan atau berada dalam fase cair. Sementara limbah gas adalah semua limbah yang berbentuk gas atau berada dalam fase gas. Limbah tersebut dapat diolah menjadi energi, yaitu biogas.

Teknologi biogas merupakan salah satu teknik tepat guna untuk mengolah limbah, baik limbah peternakan, pertanian, limbah industri industri, dan rumah tangga untuk menghasilkan energi. Teknologi ini memanfaatkan mikroorganisme yang tersedia di alam untuk merombak dan mengolah berbagai limbah organik yang ditempatkan pada ruang kedap udara (anaerob). Selanjutnya hasil pengolahan limbah tersebut dengan konsep hasil akhir menjadi produk berdaya guna sebagai bahan bakar gas (biogas) dan pupuk organik padat/cair bermutu baik (limbah keluaran dari digester). Dua jenis produk ini sangat membantu permasalahan bahan bakar (energi) dan kebutuhan pupuk organik.



Teknologi biogas. Merupakan salah satu teknologi tepat guna dalam mengolah limbah untuk menghasilkan energi

Berdasarkan hasil penelitian, penggunaan limbah keluaran dari digester biogas secara rutin mampu meningkatkan produksi padi secara berkesinambungan. Hal ini berbeda dengan pupuk kimia/sintesis yang justru bisa menurunkan produksi tanaman jika digunakan secara terus-menerus. Keunggulan lainnya adalah pupuk yang dihasilkan tidak menimbulkan adanya residu atau gulma di dalam lahan sawah.

Manfaat lain dari energi biogas adalah sebagai pengganti bahan bakar, khususnya minyak tanah, yang dipergunakan untuk memasak. Biogas untuk skala rumah tangga biasanya memiliki komposisi seperti yang tersaji pada Tabel 3. Dalam skala besar, biogas dapat digunakan sebagai pembangkit energi listrik. Di samping itu, dari proses produksi biogas akan dihasilkan limbah keluaran dari digester biogas yang dapat langsung dipergunakan sebagai pupuk organik pada tanaman/budi daya pertanian. Limbah biogas merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan, unsur-unsur

TABEL 3. KOMPOSISI GAS YANG TERDAPAT DALAM BIOGAS

Jenis Gas	Volume (%)
Metana (CH ₄)	50—60
Karbondioksida (CO ₂)	30—40
O ₂ , H ₂ dan H ₂ S	1—2

TABEL 4. BIOGAS DIBANDINGKAN DENGAN BAHAN BAKAR LAIN

Keterangan	Bahan Bakar Lain
1 m ³ Biogas	Elpiji 0,46 kg
	Minyak tanah 0,62 liter
	Minyak solar 0,52 liter
	Bensin 0,80 liter
	Gas kota 1,50 m ³
	Kayu bakar 3,50 kg

tertentu seperti protein, selulose, lignin, dan lain-lain tidak dapat digantikan oleh pupuk kimia. Pupuk organik dari biogas telah dicobakan pada tanaman jagung, bawang merah, dan padi.

Nilai kalori dari 1 m³ biogas setara dengan 0,6—0,8 liter minyak tanah. Untuk menghasilkan listrik 1 kwh dibutuhkan 0,62—1 m³ biogas yang setara dengan 0,52 liter minyak solar. Oleh karena itu, biogas sangat cocok digunakan sebagai bahan bakar alternatif yang ramah lingkungan sebagai pengganti minyak tanah, *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), butana, batubara, maupun bahan-bahan lain yang berasal dari fosil. Kesetaraan biogas dapat dilihat dari Tabel 4.

Biogas dapat dipergunakan dengan cara yang sama seperti gas-gas mudah terbakar yang lain. Pembakaran biogas dilakukan dengan mencampurnya dengan sebagian oksigen (O₂). Namun demikian, untuk mendapatkan hasil pembakaran yang optimal, perlu dilakukan prakondisi sebelum biogas dibakar yaitu melalui proses pemurnian/penyaringan. Hal ini karena biogas

mengandung beberapa gas lain yang tidak menguntungkan. Sebagai salah satu contoh, kandungan gas hidrogen sulfida yang tinggi yang terdapat dalam biogas jika dicampur dengan oksigen dengan perbandingan 1 : 20 maka akan menghasilkan gas yang sangat mudah meledak. Namun, sejauh ini belum pernah dilaporkan terjadinya ledakan pada sistem biogas sederhana.

A. Biogas dari Limbah Peternakan

Peternak sapi di Indonesia rata-rata memiliki 2—5 ekor sapi dengan lokasi yang tersebar. Kondisi demikian menyebabkan penanganan limbah kotoran ternak sulit dilakukan secara terintegrasi dengan sistem pertanian. Sapi yang mempunyai bobot badan 450 kg menghasilkan limbah berupa kotoran dan urine kurang lebih 25 kg per ekor per hari. Limbah ternak sapi perah terdiri atas limbah padat, limbah cair, dan limbah gas. Penanganan limbah yang baik sangat penting karena dapat memperkecil dampak negatif terhadap lingkungan, seperti polusi tanah, air, udara, dan penyebaran penyakit menular. Usaha untuk mengurangi, bahkan mengeliminasi dampak negatif dari kegiatan peternakan sapi ini terhadap lingkungan tergantung pada beberapa faktor, seperti kebijakan pemerintah dan ketersediaan teknologi pengolahan limbah.

Pada umumnya peternak menangani limbah secara sederhana, seperti membuat kotoran ternak menjadi kompos maupun menyebarkan secara langsung di lahan pertanian. Oleh karena itu, pemanfaatan kotoran ternak menjadi biogas diharapkan dapat memberikan nilai tambah pada usaha peternakan.

Kegiatan peternakan sapi dapat memberikan dampak positif terhadap pembangunan, yaitu berupa peningkatan pendapatan peternak, perluasan kesempatan kerja, peningkatan ketersediaan pangan, dan penghematan devisa. Namun, tanpa dilakukan pengolahan limbah yang tepat, kegiatan ini akan menimbulkan permasalahan lingkungan.

Pada dasarnya penggunaan biogas memiliki keuntungan ganda, yaitu gas metan yang dihasilkan bisa berfungsi sebagai bahan bakar, sedangkan limbah cair dan limbah padat yang dihasilkan bisa digunakan sebagai pupuk organik. Salah satu dari beberapa hal yang menarik pada teknologi biogas adalah kemampuannya untuk membentuk biogas dari limbah organik yang jumlahnya berlimpah dan tersedia secara bebas. Potensi produksi gas dari beberapa kotoran hewan, seperti tercantum pada Tabel 5.

TABEL 5. POTENSI PRODUKSI GAS DARI BERBAGAI TIPE KOTORAN HEWAN

Tipe Kotoran Hewan	Produksi Gas Per Kg Kotoran (m ³)
Sapi	0,023—0,040
Babi	0,040—0,059
Peternakan ayam	0,065—0,116
Manusia	0,020—0,028

TABEL 6. PRODUKSI DAN KANDUNGAN BAHAN KERING KOTORAN BEBERAPA JENIS TERNAK

Jenis Ternak	Bobot Ternak/ Ekor	Produksi Kotoran (kg/hari)	% Bahan Kering
Sapi potong	520	29	12
Sapi perah	640	50	14
Ayam petelur	2	0,1	26
Ayam pedaging	1	0,06	25
Babi dewasa	90	7	9
Domba	40	2	26

Sumber: United Nations (1984)

Pada Tabel 6 ditunjukkan produksi dan kandungan bahan kering kotoran setiap ternak dalam setiap harinya. Hal ini

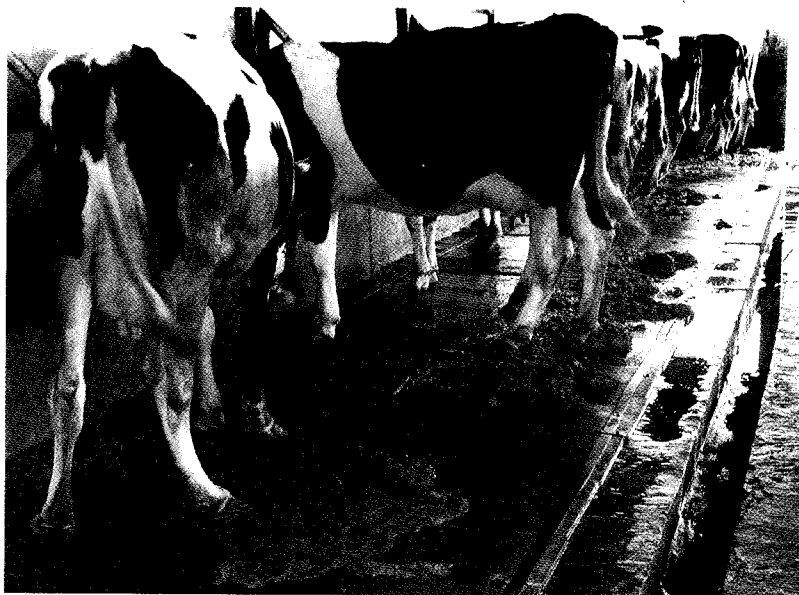
sangat perlu diketahui oleh peternak sebelum membangun unit pengolahan limbah. Jenis dan jumlah ternak akan sangat mempengaruhi ukuran digester biogas yang akan dibangun.

Populasi ternak di Indonesia sampai saat ini ditunjukkan pada Tabel 7. Populasi ternak ini akan berubah setiap saat. Perubahannya bisa semakin meningkat ataupun sebaliknya. Dengan melihat populasi semua ternak hingga tahun 2007 maka pemanfaatan kotoran ternak sangat berpotensi untuk dikembangkan sebagai sumber biogas. Pemeliharaan ternak sangat menentukan pengolahan limbahnya. Pemeliharaan secara ekstensif akan menyulitkan dalam pengolahan limbah untuk menghasilkan biogas, sedangkan sistem intensifikasi akan lebih mudah untuk mengolah limbahnya. Dengan pemusatan peternakan, akan mempermudah pembangunan instalasi pengolahan limbah terpadu.

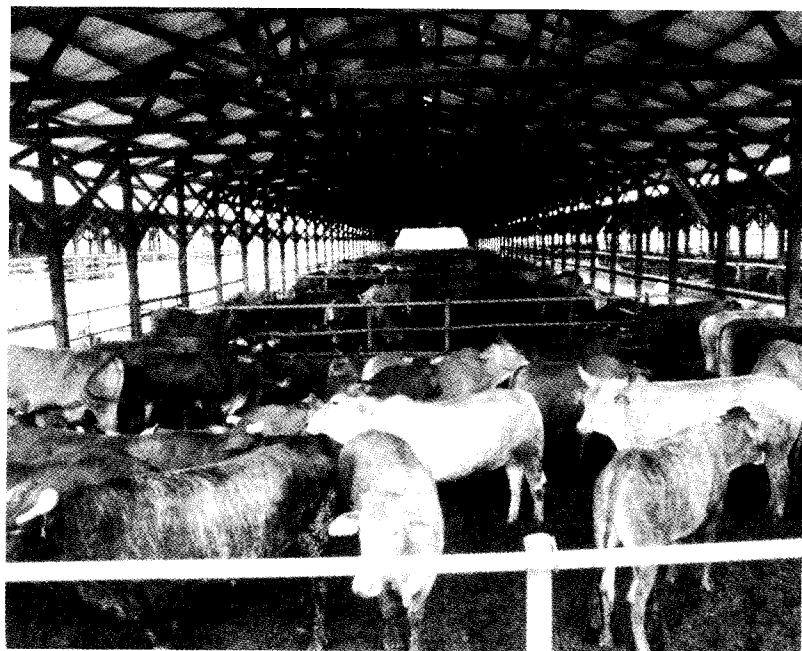
TABEL 7. POPULASI TERNAK DI INDONESIA

Komoditas	Satuan	2007
Ayam buras	000 ekor	317.420,09
Ayam ras pedaging	000 ekor	920.851,12
Ayam ras petelur	000 ekor	106.941,86
Babi	ekor	6.756.476,00
Domba	ekor	9.859.667,00
Itik	000 ekor	34.093,31
Kambing	ekor	14.873.516,00
Kerbau	ekor	2.246.017,00
Kuda	ekor	411.916,00
Sapi perah	ekor	377.772,00
Sapi potong	ekor	11.365.873,00

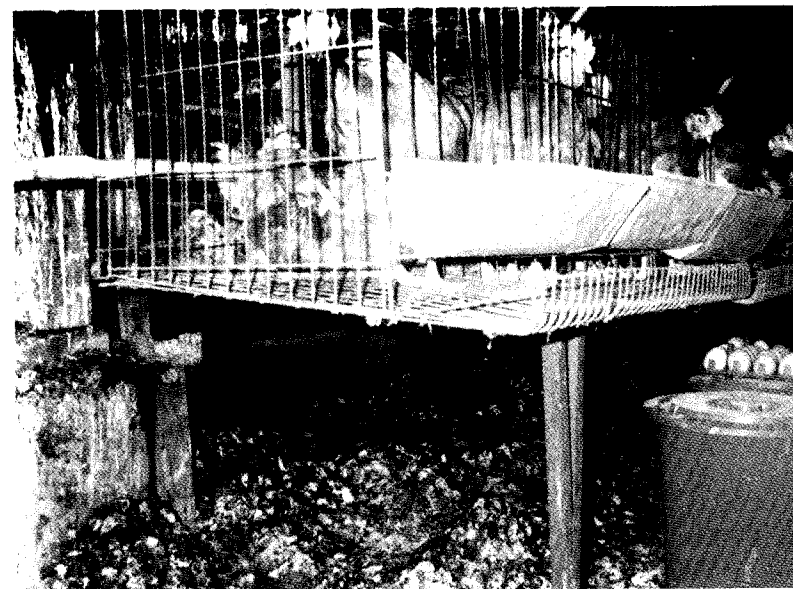
Sumber : Departemen Pertanian



Ternak sapi perah. Produksi kotorannya cukup tinggi sehingga sangat baik diolah menjadi biogas



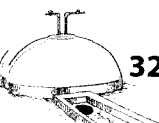
Ternak sapi potong. Seperti halnya sapi perah, kotoran dari sapi potong juga bisa dijadikan sebagai sumber energi berupa biogas

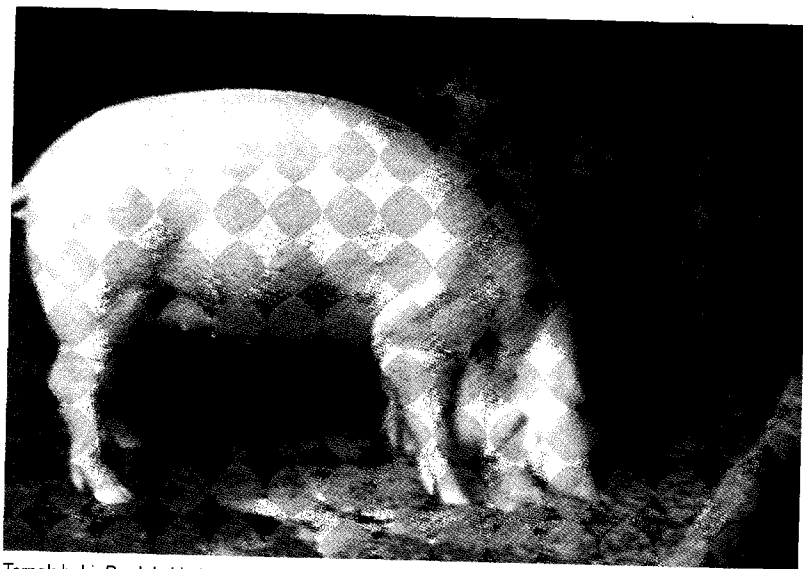


Kotoran dari ayam untuk biogas. Sangat berpotensi karena populasinya sangat besar



Kotoran itik. Bisa dimanfaatkan sebagai bahan bakar alternatif, yaitu biogas





Ternak babi. Produksi kotorannya yang banyak dan bau yang menyengat sangat tepat jika diolah menjadi biogas

Beberapa alasan bahwa energi biogas sangat potensial untuk dikembangkan adalah sebagai berikut.

- 1) Produksi biogas dari kotoran peternakan sapi ditunjang oleh kondisi yang kondusif perkembangan peternakan sapi di Indonesia akhir-akhir ini sehingga ketersediaan *supply* bahan terjamin.
- 2) Regulasi di bidang energi seperti kenaikan tarif listrik, kenaikan harga *Liquefied Petroleum Gas* (LPG), premium, minyak tanah, minyak solar, minyak diesel, dan minyak bakar telah mendorong pengembangan sumber energi alternatif yang murah, berkelanjutan, dan ramah lingkungan.
- 3) Kenaikan harga dan kelangkaan pupuk anorganik di pasaran karena distribusi pemasaran yang kurang baik menyebabkan petani berpaling pada penggunaan pupuk organik.

Pendukung kegiatan industri kecil di pedesaan adalah pemanfaatan untuk kompor, penerangan, pemanas air, pembangkit listrik, dan penggunaan lainnya. Sedangkan limbah

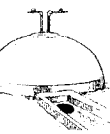
berupa lumpur keluaran dari digester dapat dimanfaatkan untuk pupuk, dialirkan ke kolam ikan, untuk media tanaman jamur, dan pakan ternak. Pengembangan kegiatan penelitian dan penerapan biogas telah dilaksanakan oleh peternak sapi perah di Cisarua Bogor dengan digester biogas kapasitas 7 m^3 yang dapat dimanfaatkan untuk memasak dengan memakai kompor biogas oleh 3 rumah tangga dan mampu menggerakkan generator biogas yang menghasilkan listrik 800 watt.

Proses menghasilkan biogas dari kotoran ternak adalah sebagai berikut. Sebelum dimasukkan ke dalam digester, kotoran sapi dalam keadaan segar, dicampur air dengan perbandingan 1 : 1 berdasarkan unit volume (air dan kotoran sapi dalam volume yang sama). Namun, jika kotoran sapi dalam bentuk kering, jumlah air harus ditambah sampai kekentalan yang diinginkan (bervariasi antara 1 : 1,25 sampai 1 : 2). Pengadukan dilakukan untuk menjaga total partikel padat tidak mengendap pada dasar pencernaan dan jika terlalu pekat, partikel-partikel menghambat aliran gas yang terbentuk pada bagian bawah pencernaan. Sebagai akibatnya, produksi gas lebih sedikit daripada perolehan optimum.

B. Biogas dari Limbah Pertanian

Limbah pertanian merupakan sumber bahan organik yang tersedia dalam jumlah banyak dan terus-menerus diproduksi, tetapi belum dimanfaatkan secara optimal. Limbah tersebut dihasilkan selama proses produksi di lapangan, panen, dan pascapanen. Beberapa limbah pertanian mengandung bahan organik berupa karbohidrat, protein, lemak, dan bahan penyusun lainnya. Pada dinding selnya terkandung selulosa, hemiselulosa, dan lignin.

Bahan organik dari limbah pertanian masih dapat diuraikan menjadi bentuk lain dengan cara aerob maupun anaerob. Hasil akhir dari kedua macam fermentasi tersebut berbeda, tergantung dari cara yang digunakan. Fermentasi secara aerob



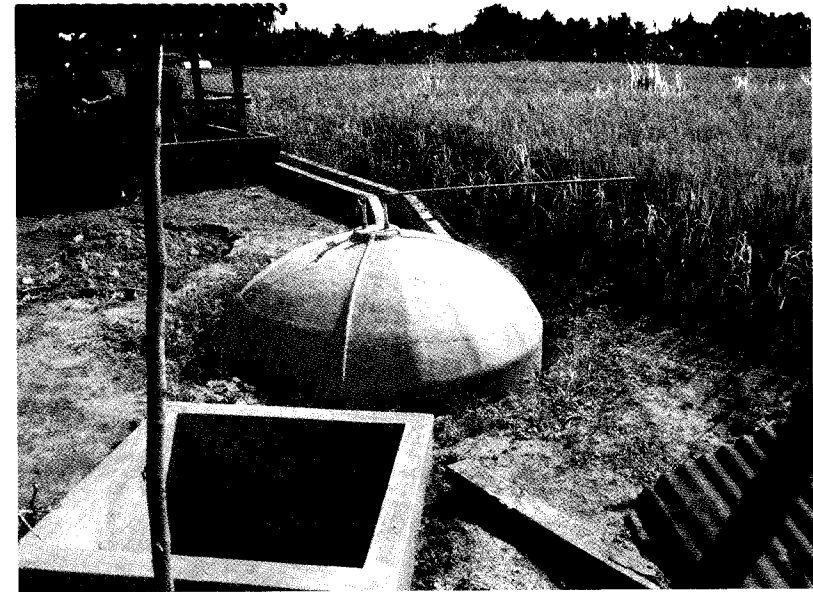
akan menghasilkan humus, ammonia (NH_3), dan karbondioksida (CO_2). Proses fermentasi secara anaerob akan menghasilkan biogas dan limbah (*sludge*).

1. Jerami

Tanaman padi merupakan salah satu komoditas pertanian yang menghasilkan limbah. Menurut Nursyamsi *et al.*, (1996) tanaman padi menghasilkan limbah berupa jerami sebanyak 3,0—3,7 ton/ha. Sebagai gambaran, pada tahun 1997, luas panen padi di Indonesia mencapai 11.140.594 ha (Biro Pusat Statistik, 1999), sehingga potensi jerami pada tahun tersebut sebesar 33.421.782 ton jerami. Hal ini menunjukkan betapa besar produksi jerami tanaman padi dan betapa potensial bahan tersebut untuk dimanfaatkan kembali, baik untuk bahan baku biogas, mulsa, kompos, makanan ternak, dan media untuk pertumbuhan jamur.



Jerami padi. Setiap 1 kg jerami padi dapat menghasilkan 0,20—0,38 m^3 biogas



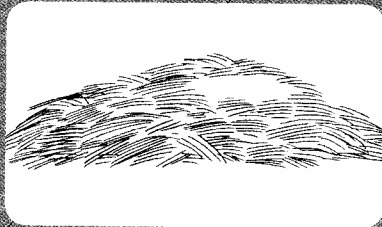
Reaktor biogas (digester) yang menggunakan campuran jerami padi dan kotoran ternak untuk menghasilkan biogas

TABEL 8. JUMLAH BIOGAS YANG DIPERLUKAN UNTUK PEMAKAIAN TERTENTU (NAS, 1981)

Pemakaian	Spesifikasi	Bahan Kering ^a (kg/jam)	Biogas (m^3/jam)
Memasak	2 kali	1,32	0,33
	4 kali	1,88	0,47
	6 kali	2,56	0,64
	2 – 4 kali	0,92 – 1,8	0,23 – 0,45
	per orang/hari	1,36 – 1,68	0,34 – 0,42
Penerangan (per lampu setara)	100 lilin	0,52	0,13
	1 petromak	0,28	0,7
	2 petromak	0,56	0,14
	3 petromak	0,68	0,17
Bensin	1 liter	5,32 – 7,48	1,33 – 1,87
Bahan bakar diesel	1 liter	6,00 – 8,28	1,50 – 2,07
Pendidih air	1 liter	0,44	0,11

Ket : a = dikonversi dari produksi biogas jerami padi 0,25 m^3/kg bahan kering (Wen, 1984)

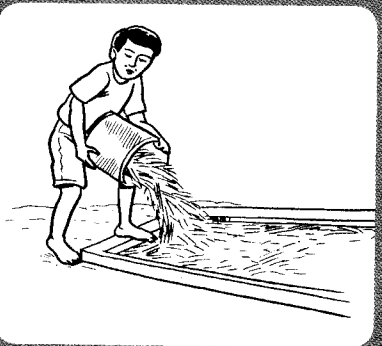
- 1) Siapkan bahan berupa jerami padi sebanyak 40 kg.



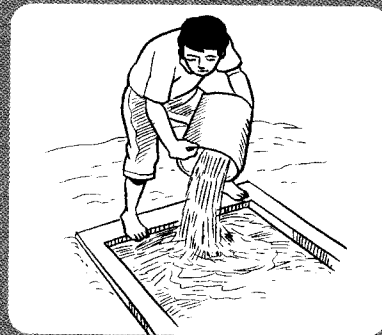
- 2) Cacah jerami padi tersebut sehingga ukuran panjangnya menjadi 4—5 cm.



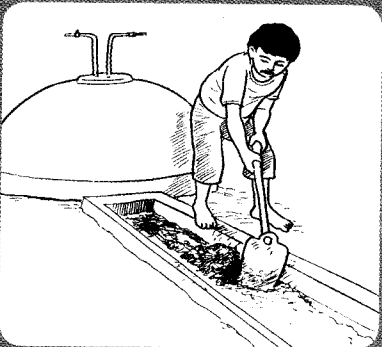
- 3) Masukkan cacahan jerami tersebut ke dalam wadah/ bak penampungan.



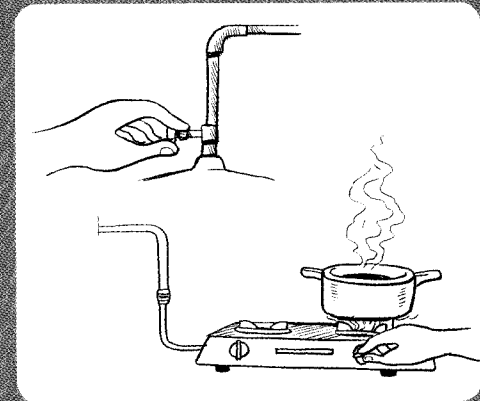
- 4) Tambahkan air sebanyak 120 liter atau perbandingan jerami dengan air adalah 1 : 3.



- 5) Masukkan campuran bahan tersebut ke dalam digester hingga penuh. Diamkan selama 30—45 hari agar terbentuk gas yang diinginkan. Lakukan pengadukan bahan setiap lima hari sekali melalui lubang pemasukan atau pengeluaran.

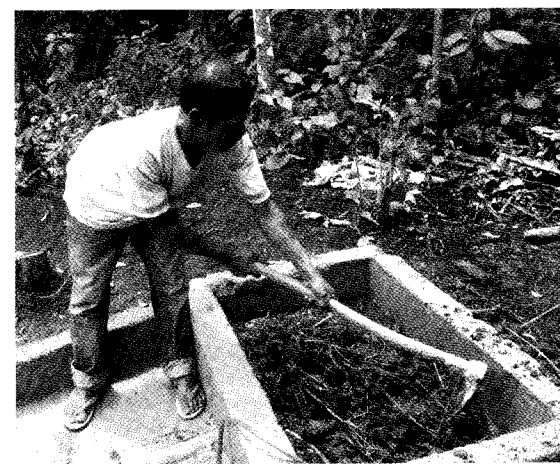


gas, buka keran yang menghubungkan gas dengan kompor, lalu nyalakan. Jika menyala, berarti sudah terbentuk biogas sehingga sudah dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan. Supaya produksi gas dapat dilakukan setiap hari, tambahkan campuran 2 kg cacahan jerami padi dan 6 liter air ke dalam digester.



CATATAN :

Cacahan jerami padi dapat dicampur dengan kotoran ternak sapi dengan perbandingan 1 : 1. Dengan pencampuran tersebut maka proses fermentasi dalam digester biogas akan lebih cepat, yaitu hanya sekitar 13—20 hari. Setelah itu, akan terbentuk biogas dan siap digunakan. Agar produksi gas dapat dilakukan setiap hari, tambahkan 2 kg campuran cacahan jerami padi dan kotoran sapi serta 6 liter air.



Kotoran sapi yang dicampur dengan cacahan jerami padi

Umumnya jerami padi dibakar petani setelah memanen padi, atau sebelum mengolah lahan untuk musim tanam berikutnya. Hanya sebagian kecil petani yang sudah memanfaatkan jerami tersebut untuk mulsa atau dibuat kompos. Pembakaran tersebut menghasilkan gas CO₂ dan asap yang berbahaya terhadap kesehatan petani itu sendiri dan masyarakat di sekitarnya.

Jerami padi dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas dengan cara memfermentasikannya dalam tangki yang hampa (anaerob). Setiap 1 kg jerami padi dapat menghasilkan 0,20—0,38 m³ biogas. Energi yang dihasilkan biogas dapat untuk memasak, penerangan, dan pendinginan penggerak motor. Energi dari 1 m³ biogas dapat digunakan untuk menjalankan mesin 1 pk selama 2 jam; menyediakan listrik 1,25 kWh; menyediakan energi untuk memasak makan 3 kali sebanyak 5 orang per hari; memberikan penerangan yang setara dengan 60 watt selama 6 jam; menghidupkan kulkas selama 1 jam. Jumlah biogas yang digunakan dalam beberapa pemakaian tertentu dapat dilihat pada Tabel 8.

Proses pembuatan biogas dengan bahan dasar jerami padi yaitu dengan cara memasukkan jerami padi dan kotoran sapi ke dalam tangki pencernaan sebanyak 8 kg bahan kering dengan perbandingan antara jerami padi dan kotoran sapi 2 : 1. Selanjutnya dilakukan penambahan air sehingga kadar air substrat menjadi 90%. Proses fermentasi dilaksanakan 35 hari. Setiap lima hari, sebelum dilakukan pemakaian, dilakukan pengadukan agar seluruh substrat tercampur sempurna dan terbentuknya kerak (*scum*) akan terhindar. Pengadukan dilakukan dengan cara menggerakkan bandul besi di dalam digester melalui tali penghubung yang terbuat dari kawat baja.

2. Eceng gondok

Eceng gondok adalah sejenis tumbuhan air yang hidup terapung di permukaan air. Akan berkembang biak manakala

dipenuhi limbah pertanian atau pabrik. Eceng gondok merupakan sejenis tanaman hidrofit. Tumbuhan ini tidak dapat dimakan, bahkan tanaman gulma ini menjadi tanaman pengganggu bagi tumbuhan lain dan hewan sekitarnya.

Meski memiliki sifat pengganggu, eceng gondok ternyata berperan penting dalam mengurangi kadar logam berat di perairan waduk seperti Fe, Zn, Cu, dan Hg. Dan, selulosa inilah yang biasa digunakan sebagai bahan bakar alternatif.

Untuk menghasilkan biogas, eceng gondok difermentasikan terlebih dahulu agar terbentuk gas metan. Eceng gondok yang digunakan harus dirajang atau ditumbuk halus terlebih dahulu agar hasil gas metan lebih optimum. Sebelum dimasukkan ke dalam digester, eceng gondok yang telah ditumbuk dan dirajang halus ditambahkan air dengan perbandingan 1 : 1, lalu diaduk. Setiap satu kilogram rajangan eceng gondok, dapat dipakai selama 7 hari dan

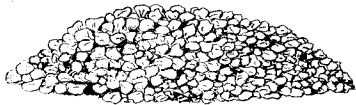


Eceng gondok. Dapat menghasilkan energi alternatif berupa biogas dengan terlebih dahulu melalui proses fermentasi

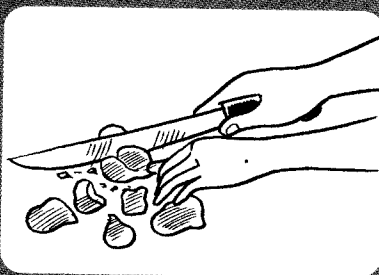
setiap harinya dapat dipakai selama 90 detik. Untuk menghasilkan biogas setara dengan 2 liter minyak tanah per hari maka eceng gondok yang harus difermentasikan sebanyak 150 kg per hari. Enceng gondok sebanyak 150 kg per hari dapat menghasilkan biogas yang dapat dipakai 4—5 jam setiap hari selama 7 hari.

PROSES PEMBUATAN BIOGAS DARI ECENG GONDOK

1. Siapkan bahan berupa eceng gondok sebanyak 40 kg.



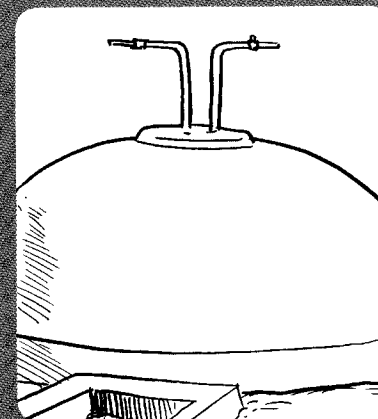
2. Cacah eceng gondok tersebut sehingga ukurannya menjadi 2—4 cm.



3. Masukkan cacahan tersebut dalam wadah/ bak penampungan dan tambahkan air sebanyak 120 liter atau perbandingan eceng gondok dengan air adalah 1 : 3.



campuran tersebut ke dalam digester hingga penuh melalui lubang pemasukan. Diamkan selama 30—45 hari agar terbentuk gas yang diinginkan. Lakukan pengadukan bahan setiap lima hari sekali melalui lubang pemasukan atau pengeluaran.



Setelah 30—45 hari gas akan terbentuk. Untuk mendeteksi adanya gas, buka keran yang menghubungkan gas dengan kompor, lalu nyalakan. Jika menyala, berarti sudah terbentuk biogas sehingga sudah dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan.

6. Supaya produksi gas dapat dilakukan setiap hari, tambahkan 2 kg eceng gondok dan 6 liter air.



Bab 4

Biogas Dari Limbah Industri dan Sampah Organik

Strosupeno (1984), mengatakan bahwa lingkungan hidup, yaitu apa saja yang mempunyai kaitan kehidupan pada umumnya dan kehidupan manusia pada khususnya. Manusia mempunyai hubungan dengan lingkungan lainnya seperti hewan, tumbuh-tumbuhan dan benda/alat, termasuk hal-hal yang merugikan lingkungan. Limbah industri, baik skala besar maupun rumah tangga, masih dianggap sebagai penyebab pencemaran lingkungan.

Ternyata, saat ini beberapa limbah industri yang selama ini dianggap sebagai penyebab pencemaran lingkungan mampu menghasilkan energi alternatif pengganti bahan bakar. Saat ini limbah industri ternyata dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku penghasil biogas.

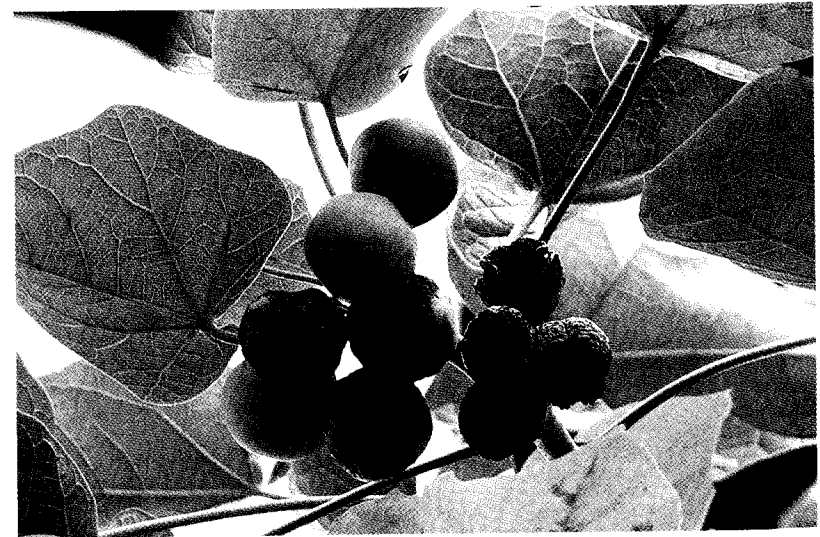
A. Biogas dari Bungkil Jarak Pagar

Secara ekonomi, tanaman jarak pagar bisa dimanfaatkan seluruh bagiannya, mulai dari daun, buah, kulit batang, getah, hingga batangnya. Potensi terbesar jarak pagar ada pada buah

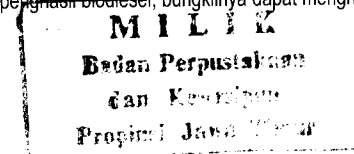
yang terdiri dari biji dan cangkang (kulit). Pada biji terdapat inti biji yang menjadi bahan dasar pembuatan biodiesel, sumber energi pengganti solar. Setelah melalui proses pemerahan, dari inti biji akan dihasilkan bungkil perahan yang kemudian diekstraksi.

Selama ini fokus pemanfaatan jarak pagar adalah sebagai bahan dasar pembuatan biodiesel. Hasil ekstraksi inti biji berupa bungkil belum sepenuhnya mendapat perhatian. Bungkil ekstraksi dapat menghasilkan pupuk dan sebagai bahan dasar pembangkitan biogas yang produk akhirnya berupa biogas pengganti minyak tanah, serta ekstoksifikasi yang hasil akhirnya berupa pakan lemak.

Pembangkit biogas yang dikembangkan mampu memaksimalkan manfaat (ekonomi) biji jarak pagar bagi para petani. Jika petani jarak memiliki 2.500 pohon jarak pagar yang ekuivalen dengan satu hektar lahan maka biji jarak yang diperoleh kira-kira 4—5 ton dan akan diperoleh minimum 3,5—3,75 ton bungkil. Satu rumah dengan empat anggota keluarga membutuhkan 2,5 kg bungkil dan 25 liter air dalam sehari untuk menjalankan unit pembangkit biogas dengan kapasitas



Jarak pagar. Selain sebagai penghasil biodiesel, bungkilnya dapat menghasilkan biogas

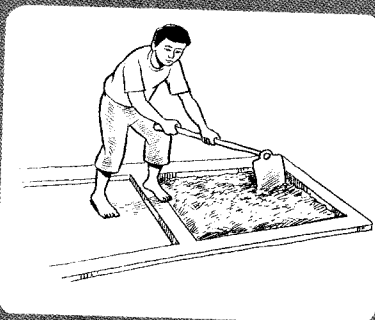


PROSES PEMBUATAN BIOGAS DARI BUNGKIL JARAK PAGAR

1. Siapkan bahan berupa bungkil jarak pagar sebanyak 40 kg dan masukkan dalam bak penampungan.

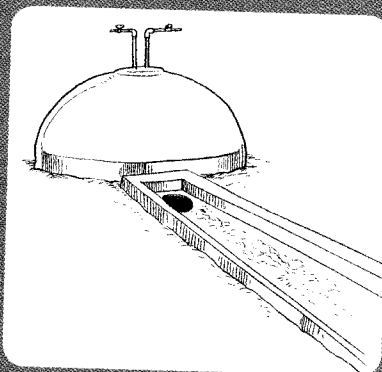


2. Tambahkan air sebanyak 80 liter, lalu aduk hingga tercampur rata.

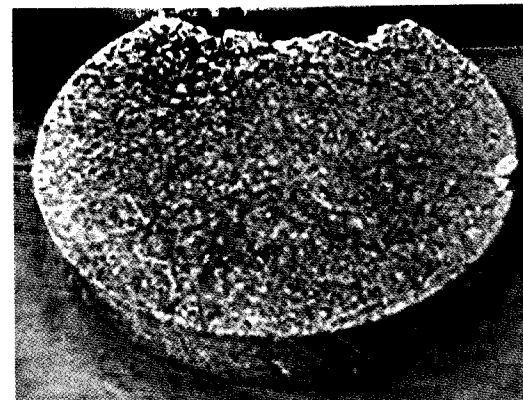


3. Masukkan bahan campuran tersebut ke dalam digester hingga penuh melalui lubang pemasukan. Diamkan selama 30—45 hari agar terbentuk gas yang diinginkan. Lakukan

pengadukan bahan setiap lima hari sekali melalui lubang pemasukan atau pengeluaran.



4. Setelah 30—45 hari, gas akan terbentuk. Untuk mendeteksi adanya gas, buka keran yang menghubungkan gas dengan kompor, lalu nyalakan. Jika menyala, berarti sudah terbentuk biogas sehingga sudah dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan.
5. Supaya produksi gas dapat dilakukan setiap hari, tambahkan 2 kg bungkil jarak pagar dan 4 liter air.

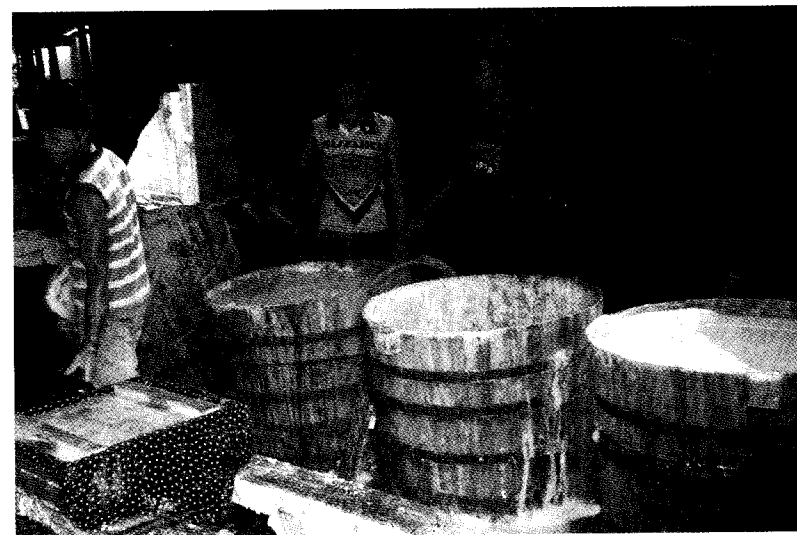


Bungkil jarak pagar. Dapat menghasilkan pupuk dan sebagai bahan dasar pembangkitan biogas yang produk akhirnya berupa biogas

reaktor (digester) 1,5 m³. Estimasi kebutuhan selama setahun menunjukkan bahwa petani jarak hanya membutuhkan kurang dari 1 ton atau 912,5 kg bungkil biji jarak untuk bahan baku pembangkitan biogas.

B. Biogas dari Limbah Industri Tahu

Pengusaha tahu saat ini mengalami multi krisis akibat tingginya harga kedelai dan kesulitan memperoleh minyak tanah. Banyak pengusaha tahu yang akhirnya gulung tikar akibat krisis tersebut.



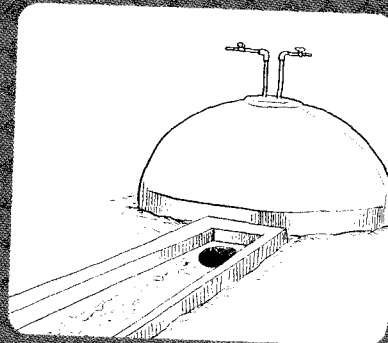
Industri pembuatan tahu. Limbahnya dapat dijadikan sebagai sumber biogas

PROSES PEMBUATAN BIOGAS DARI LIMBAH TAUH

1. Siapkan bahan berupa limbah cair dari industri pembuatan tahu sebanyak 200 liter dan masukkan dalam bak penampungan. Tunggu hingga dingin.



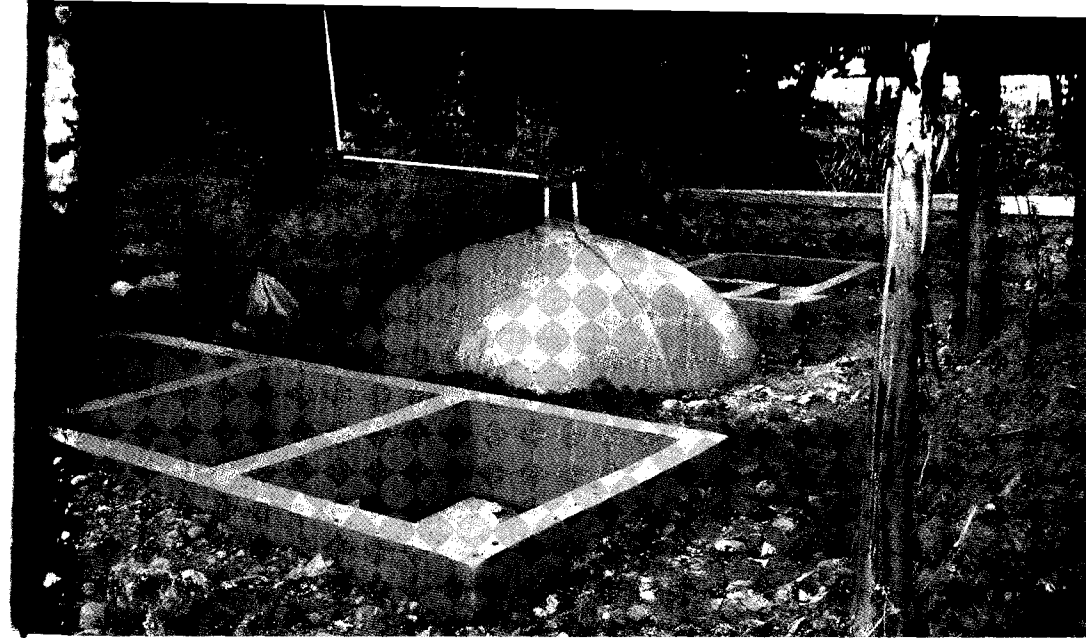
2. Masukkan bahan tersebut ke dalam bak yang menghubungkan dengan lubang pemasukan digester hingga penuh.



3. Diamkan selama 30—45 hari agar terbentuk gas yang diinginkan.

4. Setelah 30—45 hari gas akan terbentuk. Untuk mengetahui adanya gas, buka keran yang menghubungkan gas dengan kompor. Lalu nyalakan. Jika nyala berarti sudah terbentuk biogas, sehingga sudah dapat dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari.

5. Setelah selesai digunakan, biogas dapat dimanfaatkan untuk keperluan sehari-hari.



Digester biogas yang menggunakan limbah cair dari industri pembuatan tahu

Untuk mengatasi hal tersebut, limbah tahu dapat dimanfaatkan sebagai bahan bakar biogas untuk proses membuat tahu. Dengan memanfaatkan limbah tahu, para pengusaha dapat menekan kerugian akibat tingginya harga kedelai dan juga dapat mengurangi beban ongkos pembuatan tahu. Dalam sekali produksi mampu menghasilkan biogas yang bisa bertahan selama empat hari. Rata-rata produksi tahu adalah 150—250 kg per hari. Untuk menghasilkan biogas dari limbah tahun sangat sederhana, yaitu dengan cara mengayak ampas tahu dan dipisahkan dari cetakannya, kemudian air limbahnya dimasukkan ke dalam bak penampungan untuk dialirkan masuk ke dalam digester. Selanjutnya, diamkan selama 30—45 hari atau hingga terbentuk biogas. Untuk menghasilkan biogas setara dengan 2 liter minyak tanah diperlukan minimum produksi tahu sebesar 50 kg.

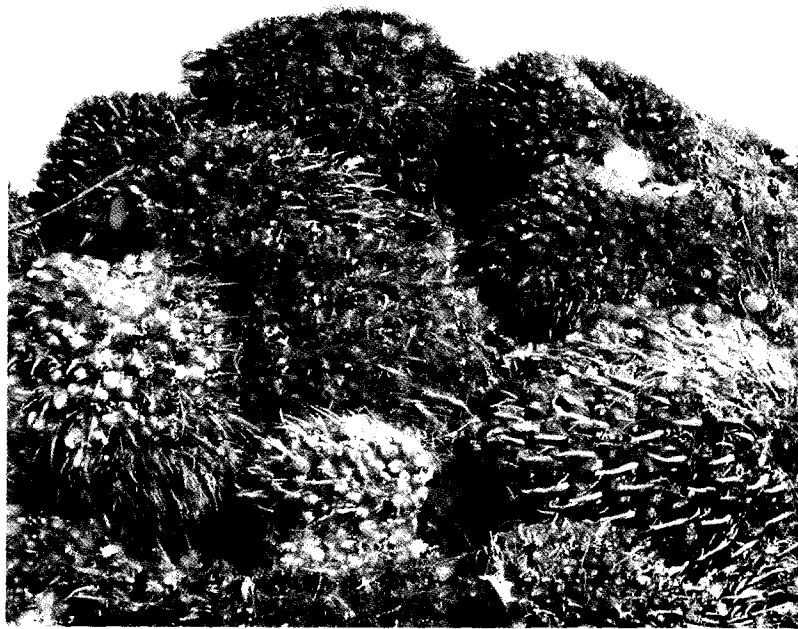
C. Biogas dari Limbah Kelapa Sawit

Limbah dari pabrik kelapa sawit sangat melimpah. Saat ini diperkirakan jumlah limbah pabrik kelapa sawit (PKS) di Indonesia

mencapai 28,7 juta ton limbah cair per tahun dan 15,2 juta ton limbah padat (TKKS) Tandan Kosong Kelapa Sawit per tahun. Dari limbah tersebut dapat dihasilkan kurang lebih 90 juta m³ biogas. Jumlah ini setara dengan 187,5 milyar ton gas elpiji. Jumlah biogas ini cukup untuk memenuhi kebutuhan gas 1 miliar KK (Kepala Keluarga) selama satu tahun.

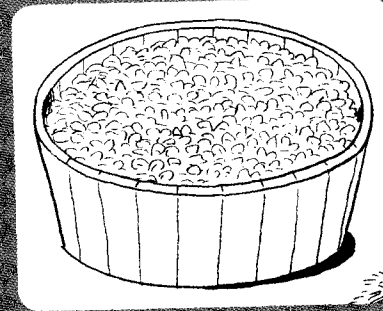
Biogas yang komponen utamanya gas metan (CH₄) sebenarnya sudah mulai dimanfaatkan sejak beberapa puluh tahun yang lalu, namun tidak banyak dipergunakan masyarakat. Biogas yang dikenal masyarakat lebih banyak dihasilkan dari pengolahan kotoran ternak atau kotoran manusia. Sebenarnya, biogas juga bisa dihasilkan dari biomassa yang lain dengan biogas yang lebih ramah lingkungan dibandingkan dengan BBM.

Gas metan yang merupakan komponen utama biogas dihasilkan dari perombakan anaerobik senyawa-senyawa organik, seperti limbah cair kelapa sawit. Secara alami gas ini dihasilkan pada kolam-



Buah kelapa sawit. Limbah hasil olahannya dapat dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas

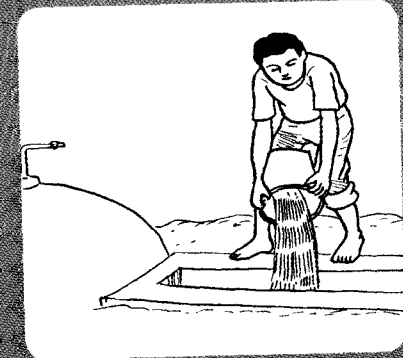
1. Siapkan bahan berupa limbah padat dari pabrik kelapa sawit sebanyak 40 kg dan masukkan dalam bak penampungan.



2. Tambahkan air sebanyak 80 liter, lalu aduk hingga tercampur rata.



3. Masukkan bahan campuran tersebut ke dalam digester hingga penuh melalui lubang pemasukan.



4. Diamkan selama 30—45 hari agar terbentuk gas yang diinginkan. Lakukan pengadukan bahan setiap lima hari sekali melalui lubang pemasukan atau pengeluaran.

5. Setelah 30—45 hari gas akan terbentuk. Untuk mendeteksi adanya gas, buka keran yang menghubungkan gas dengan kompor, lalu nyalakan. Jika menyala, berarti sudah terbentuk biogas sehingga sudah dapat dimanfaatkan sesuai kebutuhan.

6. Supaya produksi gas dapat dilakukan setiap hari, tambahkan 2 kg limbah dari pabrik kelapa sawit dan 4 liter air.

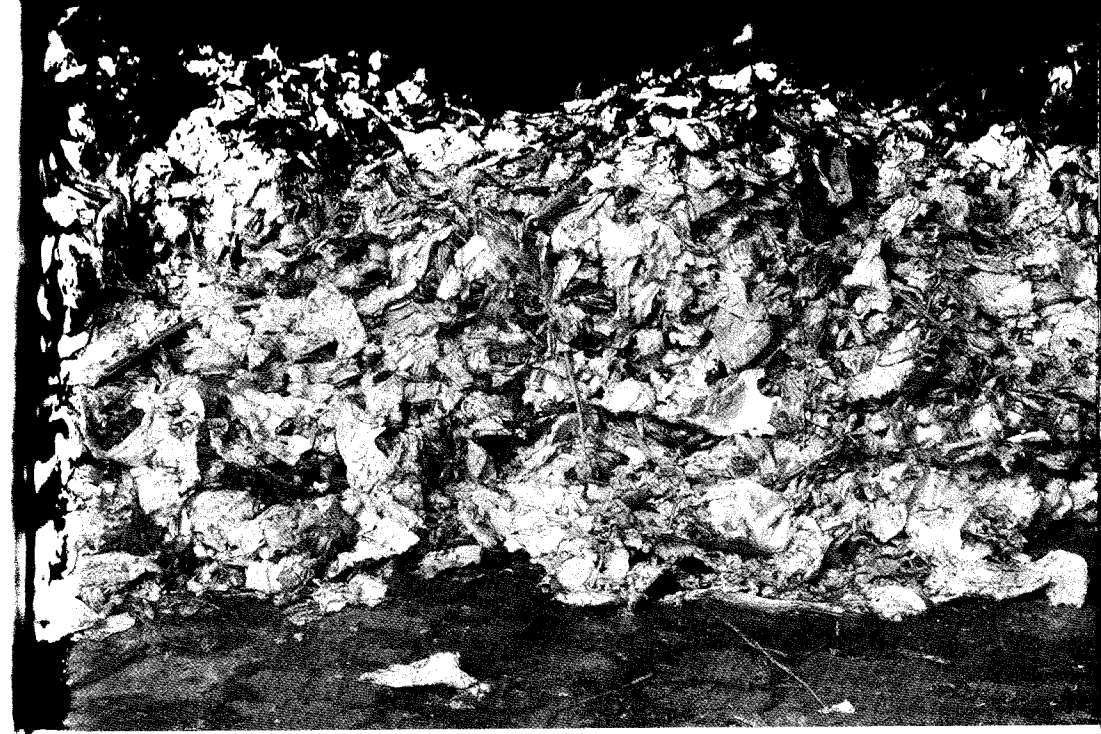
kolam pengolahan limbah cair PKS. Limbah cair yang ditampung di dalam kolam-kolam terbuka akan melepaskan gas metan (CH_4) dan karbondioksida (CO_2). Kedua gas ini merupakan emisi gas penyebab rumah kaca yang berbahaya bagi lingkungan selama kedua gas ini dibiarkan menguap di udara. Untuk merombak limbah PKS menjadi biogas dalam jumlah besar, diperlukan sedikit rekayasa. Limbah cair ditempatkan pada tempat khusus yang diatur sedemikian rupa sehingga kondisinya optimum untuk memproduksi biogas. Dapat pula ditambahkan mikroba-mikroba yang akan mempercepat pembentukan gas metan.

Proses pengolahan limbah padat TKKS menjadi biogas lebih sulit dibandingkan dengan limbah cair. TKKS adalah senyawa organik yang lebih kompleks daripada limbah cair. TKKS harus dirombak atau didekomposisi terlebih dahulu sehingga mikroba metanogenik dapat memanfaatkannya untuk menghasilkan gas metan. Setiap harinya PMKS memproduksi limbah sebanyak 650 m^3 yang dapat menghasilkan 30.000 m^3 biogas. Nilai ini setara dengan 15.000 liter minyak solar industri atau setara dengan 18.600 liter minyak tanah.

D. Biogas dari Sampah Organik

Jika ke pasar tradisional, pastilah akan menjumpai sampah sayur-sayuran dan buah-buahan yang berton-ton jumlahnya. Umumnya sampah organik tersebut tidak banyak dimanfaatkan, tetapi dibiarkan menumpuk dan membusuk sehingga dapat mengganggu pemandangan dan lingkungan. Salah satu cara penanggulangan sampah organik adalah dengan menerapkan teknologi biogas.

Pengolahan sampah organik, terutama sampah pasar, menjadi biogas dapat mengurangi masalah sampah di Indonesia. Beberapa daerah telah mengembangkan teknologi pengolahan sampah menjadi biogas. Biogas yang dihasilkan dari sampah organik tidak berbeda dengan biogas yang dihasilkan dari bahan lainnya. Bila pengolahan sampah pasar berkembang baik, pasar akan menjadi

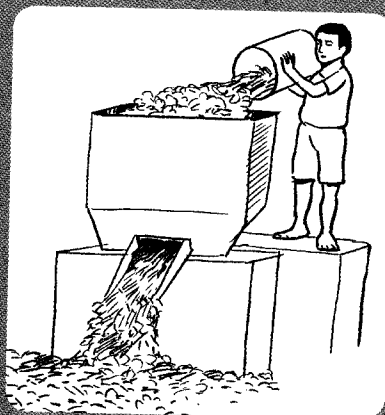


Sampah organik. Jumlahnya banyak sehingga sangat tepat jika dijadikan sebagai sumber biogas untuk rumah tangga

sehat dan bersih. Di Indonesia, ada sekitar 13.450 pasar tradisional yang sangat berpotensi untuk dikembangkan teknologi sederhana ini. Pedagang makanan di pasar nanti bisa memperoleh saluran biogas untuk memasak. Petani di luar pasar mendapatkan pupuk padat organik maupun pupuk cair.

Setiap hari pasar tradisional rata-rata menghasilkan sampah organik sebanyak 5 ton. Dari 5 ton sampah organik yang dicampur air dengan perbandingan 1 : 1 maka setiap hari dapat menghasilkan 0,9—1,8 m^3 biogas. Dengan hasil tersebut dapat digunakan paling tidak oleh 10 warung di sekitar pasar dan menghasilkan sekitar 2 ton pupuk organik padat. Dengan menjadikan pasar tradisional lebih bersih dan sehat, akan mempertahankan keberadaan pasar tradisional yang makin menurun sekitar 8,1% per tahun akibat terdesak pasar modern.

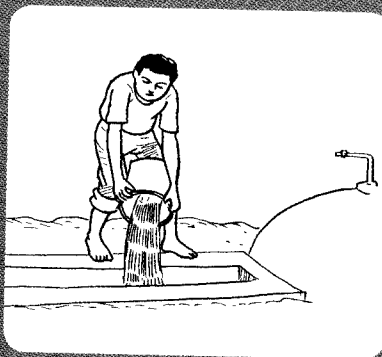
1. Siapkan bahan berupa sampah organik sebanyak 200 kg dan cacah melalui mesin penghancur sampah.



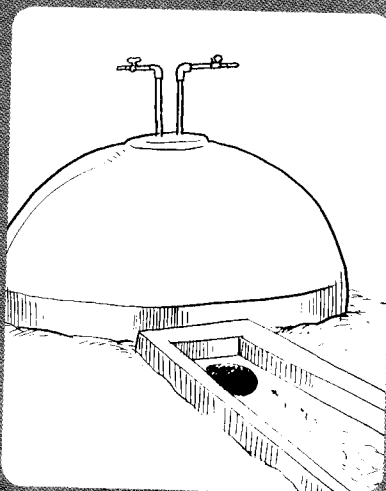
2. Masukkan sampah yang sudah hancur dalam bak penampungan. Tambahkan air sebanyak 60 liter, lalu aduk hingga tercampur rata.



3. Masukkan bahan campuran tersebut ke dalam digester hingga penuh melalui lubang pemasukan.



4. Diamkan selama 30—45 hari agar terbentuk gas yang diinginkan. Lakukan pengadukan bahan setiap lima hari sekali melalui lubang pemasukan atau pengeluaran.



Jika ingin mendeteksi adanya gas, buka keranyang menghubungkan gas dengan kompor, lalu nyalakan. Jika menyala, berarti sudah terbentuk biogas sehingga sudah

kebutuhan.

6. Supaya produksi gas dapat dilakukan setiap hari, tambahkan 2 kg limbah dari pabrik kelapa sawit dan 4 liter air.



Bab 5

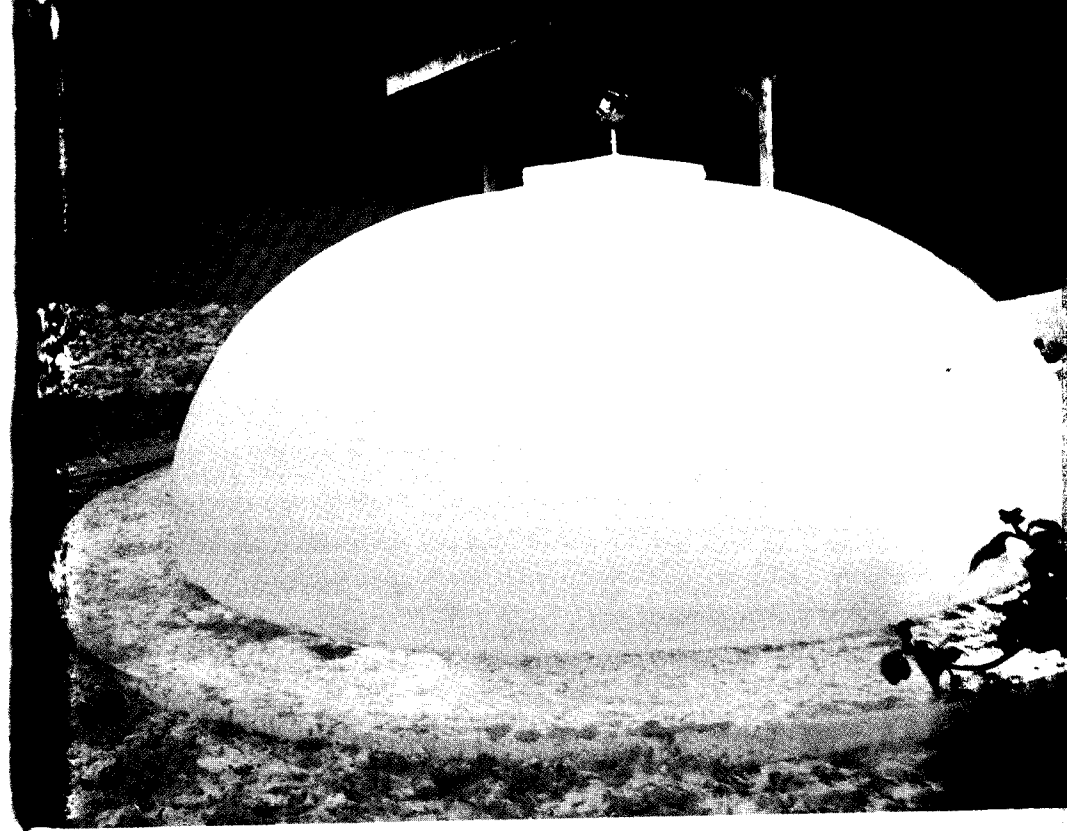
Jenis-jenis Reaktor Biogas (Digester)

Digester biogas di Indonesia sudah dikembangkan di berbagai daerah. Secara garis besar, digester yang dikembangkan ada empat tipe yaitu sebagai berikut.

- 1) Tipe kubah (*fixed dome*) terbuat dari pasangan batu kali atau batubata/beton.
- 2) Tipe silinder (*floating drum*) terbuat dari tong/drum/plastik.
- 3) Tipe plastik terbuat dari plastik.
- 4) Tipe *fiberglass* terbuat dari bahan *fiberglass*.

A. Reaktor Kubah Tetap (*Fixed-Dome*)

Reaktor ini disebut juga reaktor cina. Dinamakan demikian karena reaktor ini dibuat pertama kali di Cina sekitar tahun 1930-an. Kemudian sejak saat itu reaktor ini berkembang dengan berbagai model. Pada reaktor ini memiliki dua bagian yaitu digester sebagai tempat pencernaan material biogas dan sebagai rumah bagi bakteri, baik bakteri pembentuk asam ataupun bakteri pembentuk gas metana. Bagian ini dapat dibuat dengan kedalaman tertentu menggunakan batu, batubata, atau beton. Strukturnya harus kuat



Jenis digester kubah tetap (*fixed-dome*). Umumnya terbuat dari batubata

karena menahan gas agar tidak terjadi kebocoran. Bagian yang kedua adalah kubah tetap (*fixed-dome*). Dinamakan kubah tetap karena bentuknya menyerupai kubah dan bagian ini merupakan pengumpul gas yang tidak bergerak (*fixed*).

Gas yang dihasilkan dari material organik pada digester akan mengalir dan disimpan di bagian kubah. Keuntungan dari reaktor ini adalah biaya konstruksi lebih murah daripada menggunakan reaktor terapung, karena tidak memiliki bagian yang bergerak menggunakan besi yang tentunya harganya relatif lebih mahal dan perawatannya lebih mudah. Sedangkan kerugian dari reaktor ini adalah apabila terjadi gempa bumi mudah retak dan jika bocor sulit untuk diperbaiki. Reaktor ini juga mempunyai pori-pori agak besar sehingga gas mudah bocor.

B. Reaktor Floating

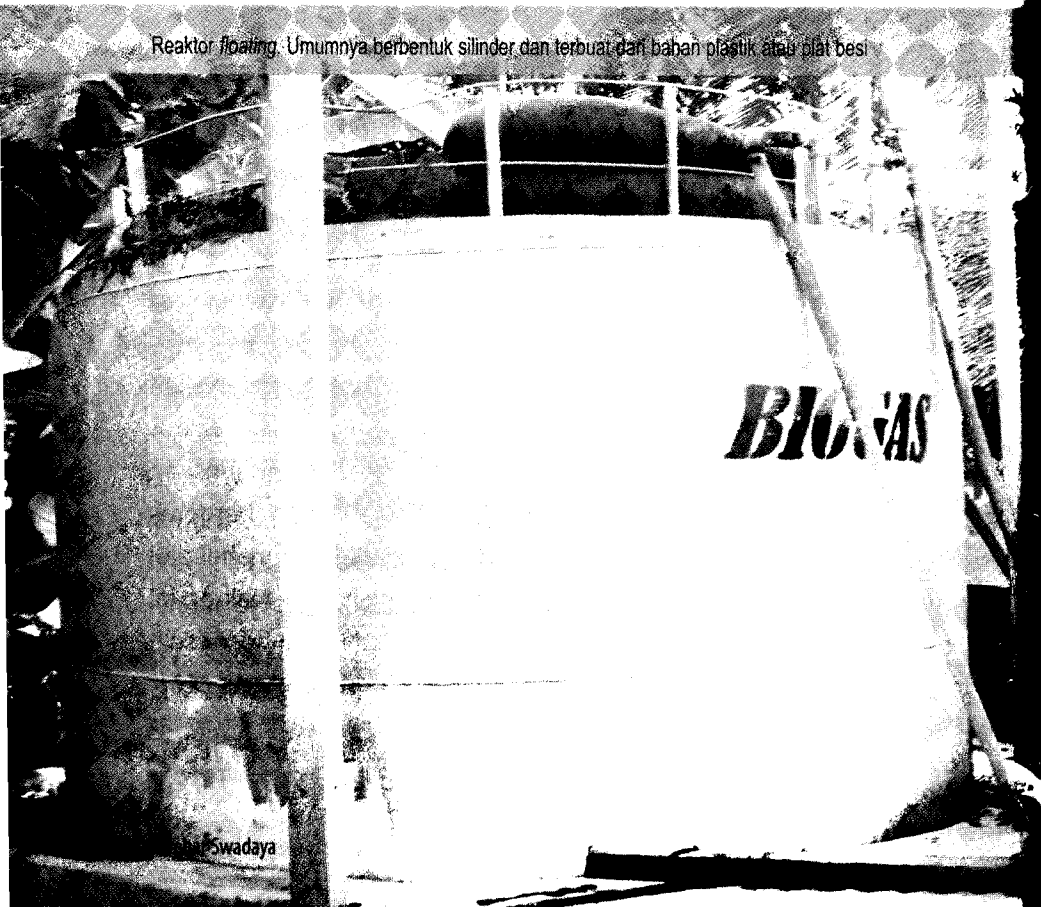
Reaktor jenis terapung pertama kali dikembangkan di India pada tahun 1937 sehingga dinamakan dengan reaktor india. Memiliki bagian digester yang sama dengan reaktor kubah, perbedaannya terletak pada bagian penampung gas menggunakan peralatan bergerak dari drum. Drum ini dapat bergerak naik-turun yang berfungsi untuk menyimpan gas hasil fermentasi dalam digester. Pergerakan drum mengapung pada cairan dan tergantung dari jumlah gas yang dihasilkan. Keuntungan dari reaktor ini adalah dapat dilihat secara langsung volume gas yang tersimpan pada drum karena pergerakannya. Karena tempat penyimpanan yang terapung sehingga tekanan gas konstan. Sedangkan kerugiannya adalah biaya material konstruksi dari drum lebih mahal. Faktor korosi pada drum juga menjadi masalah sehingga bagian pengumpul gas pada reaktor

ini memiliki umur yang lebih pendek dibandingkan menggunakan tipe kubah tetap.

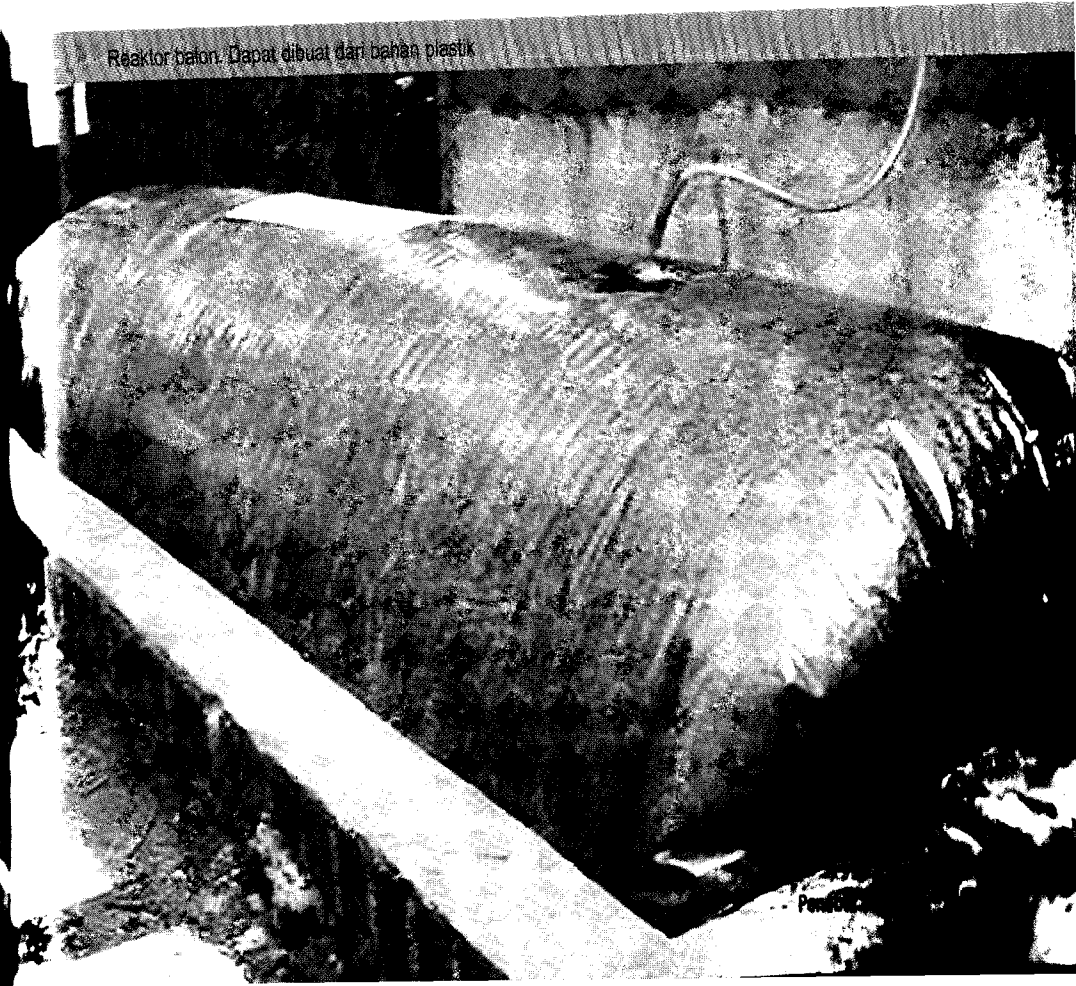
C. Reaktor Balon

Reaktor balon merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga. Reaktor ini menggunakan bahan plastik sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus penyimpan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Material organik terletak di bagian bawah karena memiliki berat yang lebih besar dibandingkan gas yang akan mengisi pada rongga atas. Kelemahan reaktor ini adalah mudah bocor, tetapi kelebihanannya adalah harganya lebih murah.

Reaktor floating. Umumnya berbentuk silinder dan terbuat dari bahan plastik atau plat besi

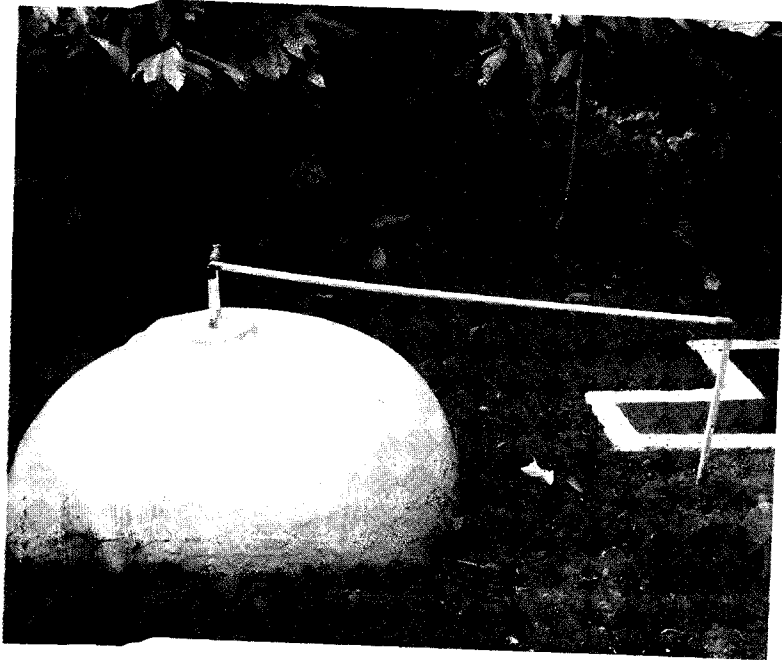


Reaktor balon. Dapat dibuat dari bahan plastik



D. Reaktor *Fiberglass*

Reaktor bahan *fiberglass* merupakan jenis reaktor yang banyak digunakan pada skala rumah tangga dan skala industri. Reaktor ini menggunakan bahan *fiberglass* sehingga lebih efisien dalam penanganan dan perubahan tempat biogas. Reaktor ini terdiri dari satu bagian yang berfungsi sebagai digester sekaligus penyimpanan gas yang masing-masing bercampur dalam satu ruangan tanpa sekat. Reaktor dari bahan *fiberglass* ini sangat efisien karena kedap, ringan, dan kuat. Jika terjadi kebocoran, mudah diperbaiki atau dibentuk kembali seperti semula dan lebih efisien. Reaktor dapat dipindahkan sewaktu-waktu jika peternak sudah tidak menggunakannya lagi.



Reaktor dari bahan *fiberglass*. Lebih tahan lama dibandingkan dengan bahan lain seperti besi atau plastik



Bab 6

Membangun Instalasi Biogas

Pembuatan instalasi biogas bervariasi di beberapa negara, termasuk negara yang sedang berkembang. Sihombing *et al.* (1980) telah mencoba sebuah instalasi biogas di Fakultas Peternakan IPB yang berkapasitas 3,5 m³ dengan dibuat lubang berdiameter 25 cm yang dipasang dari atas ke bawah menggunakan plat besi dengan tebal 2 mm. Dengan kapasitas ini, dapat memenuhi kebutuhan energi rumah tangga dengan jumlah anggota keluarga sebanyak enam orang.

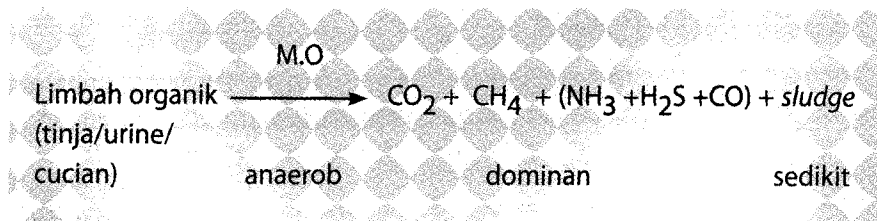
Penerapan teknologi biogas sebagai percontohan juga telah dilakukan di Desa Kebun Pedes Kec. Tanah Sareal Kota Bogor sebanyak 4 unit dan di Kabupaten Buru Propinsi Maluku sebanyak 3 Unit skala keluarga dengan ukuran diameter 3 x 3 x 3 m. Kapasitas masukan kotoran dengan air (rasio 1 : 2) sebanyak 5 m³ yang dapat menyala untuk memenuhi kebutuhan bahan bakar keluarga memasak selama 5—10 jam per hari serta dapat menghasilkan pupuk cair 60—80 liter per hari dan pupuk padat sebanyak 5 kg per hari. Penerapan teknologi instalasi digester biogas yang terbuat dari *fiberglass* telah banyak diterapkan oleh beberapa rumah tangga yang tersebar di 64 kabupaten di Indonesia.

A. Digester

Untuk memproduksi biogas diperlukan digester. Digester dapat mengurangi emisi gas metana (CH_4) yang dihasilkan pada dekomposisi bahan organik yang diproduksi dari sektor pertanian dan peternakan. Dengan menggunakan digester kotoran sapi difermentasi menjadi gas metana (biogas). Gas metana termasuk gas yang menimbulkan efek rumah kaca yang menyebabkan terjadinya fenomena pemanasan global, karena gas metana memiliki dampak 21 kali lebih tinggi dibandingkan gas karbondioksida (CO_2). Pengurangan gas metana secara lokal ini dapat berperan positif dalam upaya mengatasi masalah global (efek rumah kaca) yang berakibat pada perubahan iklim global.

Prinsip bangunan digester adalah menciptakan suatu ruang kedap udara (anaerob) yang menyatu dengan saluran atau pemasukan (*input*) serta saluran atau bak pengeluaran (*output*). Bak pemasukan berfungsi untuk melakukan homogenisasi dari bahan baku limbah cair dan padat. Apabila limbah padat dalam kondisi menggumpal maka diperlukan pengadukan supaya lebih mudah masuk ke dalam digester dan proses perombakan lebih mudah.

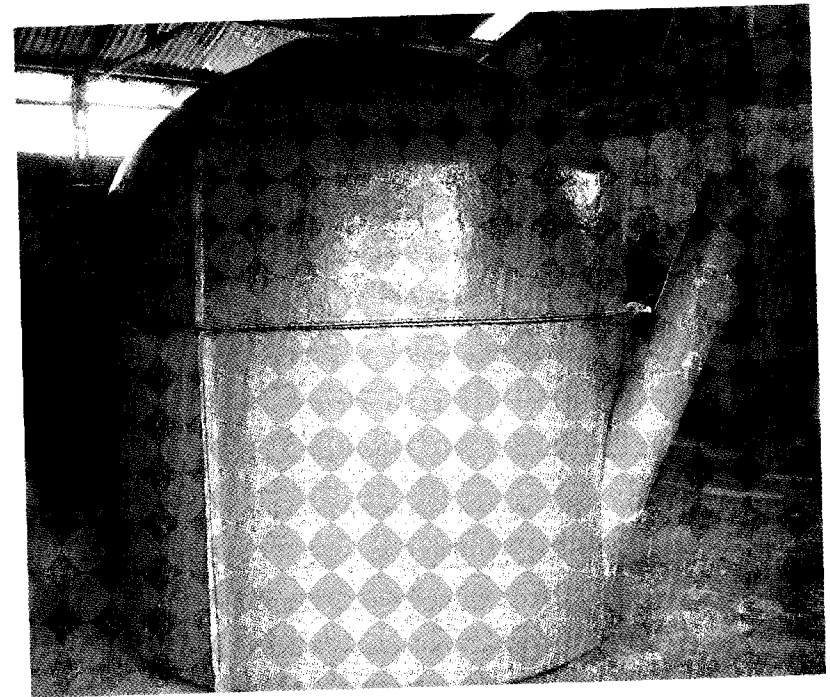
Bak penampungan bertujuan menampung bahan sisa (*sludge*) hasil perombakan bahan organik dari digester yang telah mengurangi bahan organiknya, tetapi akan semakin meningkat unsur haranya. Reaksi perombakan bahan organik sebagai berikut.



Pada dasarnya kotoran ternak yang ditumpuk atau dikumpulkan begitu saja dalam beberapa waktu tertentu dengan sendirinya akan membentuk gas metan. Namun, karena tidak ditampung, gas itu akan hilang menguap ke udara. Oleh sebab itu, untuk menampung gas yang terbentuk dari bahan organik dapat dibuat beberapa model konstruksi alat penghasil biogas. Berdasarkan cara pengisiannya, ada dua jenis digester (pengolah gas), yaitu *batch feeding* dan *continues feeding*.

Batch feeding adalah jenis digester yang pengisian bahan organik (campuran bahan organik dan air) dilakukan sekali sampai penuh, kemudian ditunggu sampai biogas dihasilkan. Setelah biogas tidak berproduksi lagi atau produksinya sangat rendah, isian digesternya dibongkar, lalu diisi kembali dengan bahan organik yang baru.

Continues feeding adalah jenis digester yang pengisian bahan organiknya dilakukan setiap hari dalam jumlah tertentu. Pada



Digester biogas. Penampung bahan organik dan gas menjadi satu ruang

pengisian awal, digester diisi penuh, lalu ditunggu sampai biogas diproduksi. Setelah biogas diproduksi, pengisian bahan organik dilakukan secara kontinu setiap hari dengan jumlah tertentu. Setiap pengisian bahan organik yang baru akan selalu diikuti pengeluaran bahan sisa (*sludge*). Karena itu, jenis digester ini akan didesain dengan membuat lubang pemasukan dan lubang pengeluaran.

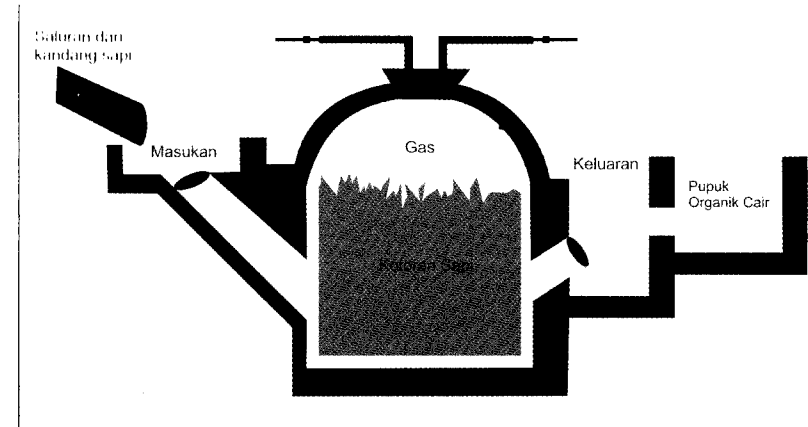
Sludge adalah lumpur yang keluar dari digester yang telah mengalami fermentasi. *Sludge* dapat dipisahkan menjadi bagian padatan dan cairan yang semuanya dapat dimanfaatkan langsung sebagai pupuk organik, yaitu pupuk organik padat dan pupuk organik cair.

Digester jenis *continues feeding* mempunyai dua model yaitu model tetap (*fixed*) dan model terapung (*floating*). Perbedaan kedua model ini adalah pada pengumpul biogas yang dihasilkan. Pada model *floating*, pengumpul gasnya terapung di atas sumur pencernaan sehingga kapasitasnya akan naik turun sesuai dengan produksi gas yang dihasilkan dan pemanfaatan gas yang dihasilkan.

Model konstruksi tetap kontinu, yaitu penampung bahan organik penghasil biogas dan penampung gas menjadi satu, sedangkan pengisian bahan organik dilakukan secara kontinu. Model ini dapat dibuat sesuai dengan kapasitas tampung bahan penghasil biogas dan jumlah biogas yang ingin dihasilkan. Model permanen ini membutuhkan modal yang relatif lebih besar, tetapi umur pakainya lebih lama, perawatannya mudah, dan pengoperasiannya sederhana.

Sudah banyak yang menggunakan digester dengan model konstruksi tetap kontinu. Penggunaanya tersebar di berbagai kabupaten di Indonesia. Bahkan, saat ini sudah ada produsen yang menyediakan model digester biogas tersebut sehingga bagi mereka yang ingin menerapkan biogas, tidak perlu repot membuatnya. Namun, jika ingin membuat sendiri juga bisa dilakukan.

Modal awal pembangunan instalasi biogas adalah biaya untuk membangun konstruksi permanen. Model digester tetap kontinu

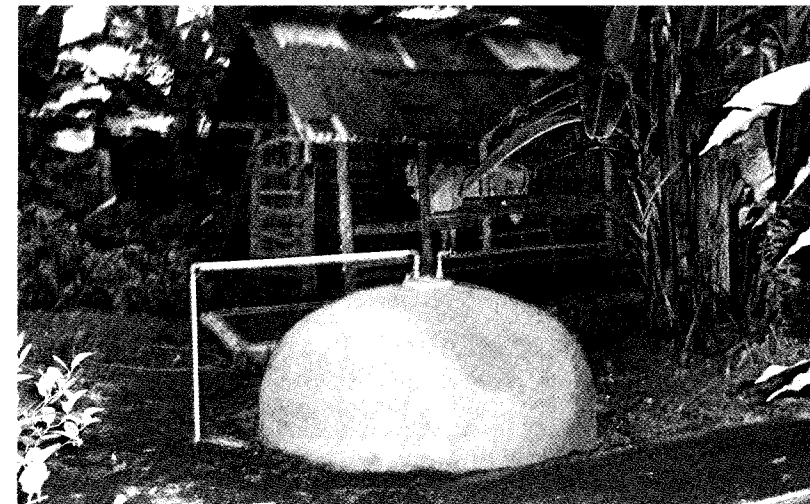


Instalasi biogas

memerlukan bahan bangunan seperti pasir, semen, batu kali, batubata, besi konstruksi, cat, dan pipa paralon. Selain itu, juga dibutuhkan bahan lain seperti *fiberglass*.

B. Membangun Digester dan Instalasi Biogas

Dalam membangun instalasi biogas, beberapa tahapan yang harus dilalui adalah sebagai berikut.



Lokasi pembangunan digester di dekat kandang sapi. Memudahkan pemasukan kotoran ternak ke dalam digester biogas

1. Menentukan lokasi

Lokasi yang akan dibangun sebaiknya tidak jauh dari sumber bahan organik. Hal ini dimaksudkan agar ketika bahan baku dibutuhkan, tidak repot pengadaannya. Sebagai gambaran, jika ingin dibangun digester dengan bahan organik dari kotoran sapi, sebaiknya ditempatkan dekat kandang. Kalau memungkinkan, saluran pembuangan kotoran ternak dihubungkan dengan saluran pemasukan (*inlet*) digester. Dengan demikian, kotoran ternak dapat langsung disalurkan ke digester. Untuk industri pabrik kelapa sawit dan industri tahu, digester biogas dapat dibangun di dekat pabrik sehingga limbah dari pabrik dapat langsung dimanfaatkan untuk menghasilkan biogas.

Tidak menutup kemungkinan untuk membangun instalasi biogas jauh dari sumber bahan organik jika memang kondisi lokasi terlalu sempit. Namun, terdapat kendala pada penyediaan bahan organik, yaitu perlu diangkut ke lokasi digester. Solusi lain yang bisa diterapkan adalah membangun bak penampung. Selain bak penampungan bahan organik, sebaiknya juga dibangun bak penampungan keluaran (*sludge*) dari digester. Untuk itu, luas ideal lahan yang baik untuk pembangunan instalasi digester biogas sekitar 18 m².

2. Bahan dan alat

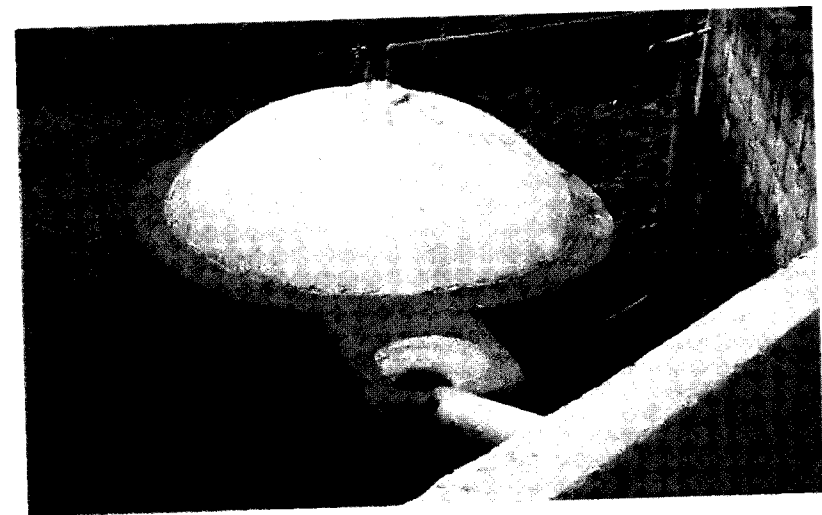
Sejumlah bahan dan alat yang dibutuhkan dalam membangun digester biogas adalah sebagai berikut.

- Digester (tangki reaktor biogas) yang terbuat dari *fiberglass*, dengan kapasitas sesuai bahan organik yang tersedia. Saat ini di pasaran sudah tersedia beberapa jenis digester berdasarkan kapasitasnya, misalnya 5 m³; 6,4 m³; dan 7 m³.
- Pipa paralon PVC ukuran ½ inci sebanyak 5 batang.
- Kne L ukuran ½ inci sebanyak 6 buah.
- Kne L drat sebanyak 2 buah.
- Kran gas sebanyak 3 buah.

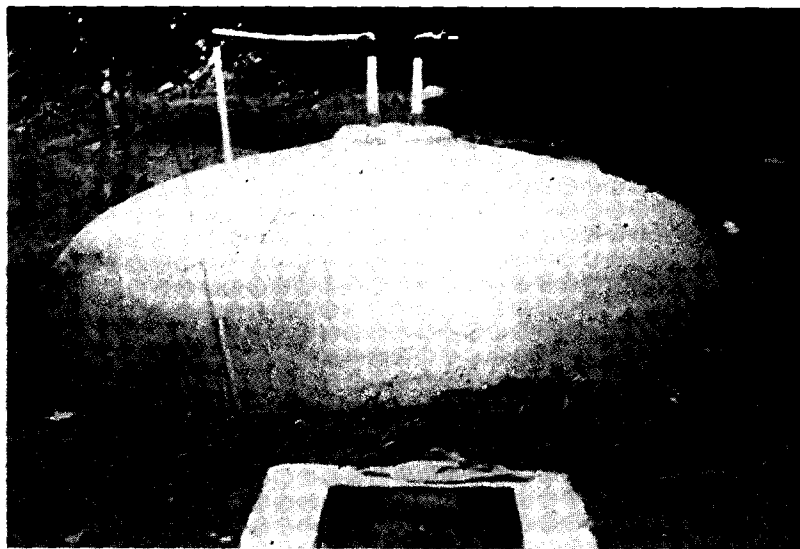
- Klem paralon/selang sebanyak 12 buah.
- Klem selang sebanyak 2 buah.
- Lem paralon 1 tube.
- Selang gas khusus untuk mengalirkan gas ke kompor sekitar 2 m
- Alat kontrol *fiberglass*.
- Kompor biogas portable siap pakai.
- Semen beberapa sak, disesuaikan dengan kebutuhan.
- Pasir sesuai kebutuhan.
- Batu kali dan batubata.

3. Membuat lubang digester

Pada dasarnya, digester biogas bisa dibangun atau ditanam dalam tanah atau cukup di atas permukaan tanah. Namun, umumnya digester ditanam dalam tanah. Hal ini dimaksudkan agar kelihatan tidak terlalu mengambil ruang serta lebih mudah dalam pemasukan bahan organik ke dalam digester. Dengan demikian, bahan organik yang akan dimasukkan secara otomatis mengalir masuk ke dalam digester karena posisi digester lebih rendah dari tempat/lubang pemasukan. Mengenai bentuk digester, ada yang bulat seperti sumur atau berbentuk segi empat. Namun, sebagian besar digester



Digester biogas yang dibangun di atas permukaan tanah



Digester biogas yang ditanam dalam tanah

berbentuk bulat dengan diameter 3 m dan kedalaman 2—2,5 m. Lubang digester sebaiknya dibuat dengan jarak 30 m dari tempat kompor atau disesuaikan dengan keadaan lokasi.

Dalam pembuatan lubang atau sumur digester sebaiknya memperhatikan luas dan kedalamannya. Lubang sebaiknya dibuat sesuai ukuran digester. Sebagai contoh adalah sebagai berikut.

- Jika kapasitas digester 5 m³, sebaiknya diameter lubang yang dibuat adalah 2,10 m dengan kedalaman 2 m.
- Jika kapasitas 6,4 m³, sebaiknya diameter lubang yang dibuat adalah 2,40 m dengan kedalaman 2 m
- Jika kapasitas digester 7 m³, sebaiknya diameter lubang yang dibuat adalah diameter 2,40 m dengan kedalaman 2 m.
- Jika kapasitas digester 17 m³, sebaiknya diameter lubang yang dibuat adalah 3,00 m dengan kedalaman 2,50 m.

Sebagai catatan bahwa jika pada bagian dasar lubang tanahnya remah atau gembur, sebaiknya dilakukan pengerasan atau dicor. Hal ini dimaksudkan agar digester tahan lama dan tidak mudah jebol.

4. Pembuatan saluran pemasukan (*inlet*)

Inlet adalah saluran pemasukan bahan organik ke dalam digester. Saluran pemasukan ini dibuat dengan lebar antara 20—30 cm. Salurang ini dihubungkan dengan lubang pemasukan yang sudah ada pada digester biogas. Untuk menghubungkan keduanya, saluran *inlet* dibuat dari pasangan batubata yang diplester. Kedalaman saluran disesuaikan dengan kemiringan agar bahan organik dan air dapat mengalir dengan lancar ke dalam digester.



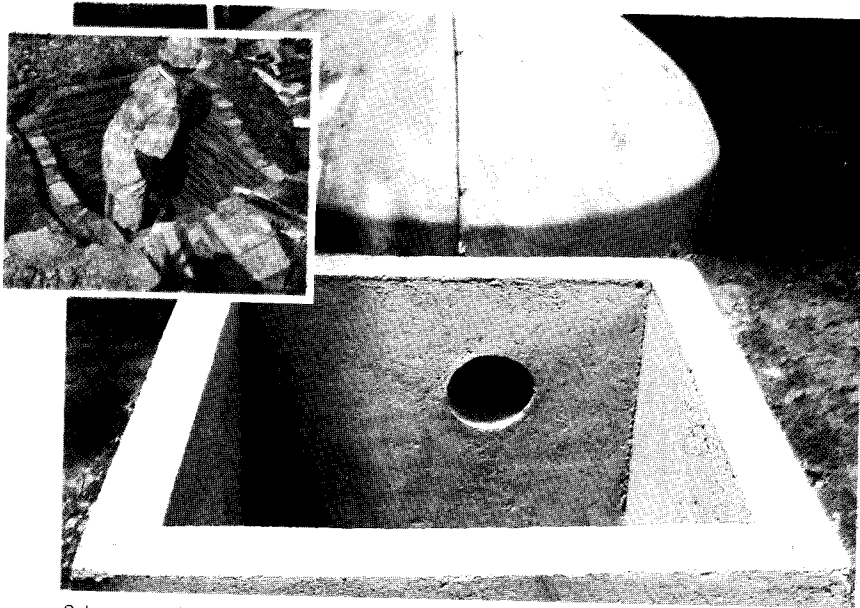
Saluran pemasukan (*inlet*). Dibuat dari campuran semen, batubatu, dan pasir

5. Saluran pengeluaran (*outlet*) dan bak penampungan

Saluran pengeluaran adalah saluran yang menghubungkan lubang pengeluaran bahan organik yang sudah tidak mengandung biogas (keluaran-*sludge*) dari digester dengan bak penampungan.

Bak penampungan dibuat persegi panjang dengan ukuran 1 x 1 x 1 m (bahan dari batubata yang diplester) dan bisa dibuat lebih dari

satu kotak. Jarak dari lubang biodigester sekitar 20 cm, dengan posisi searah dengan lubang pemasukan.



Saluran pengeluaran (*outlet*). Dibuat terhubung dengan bak penampungan *sludge*

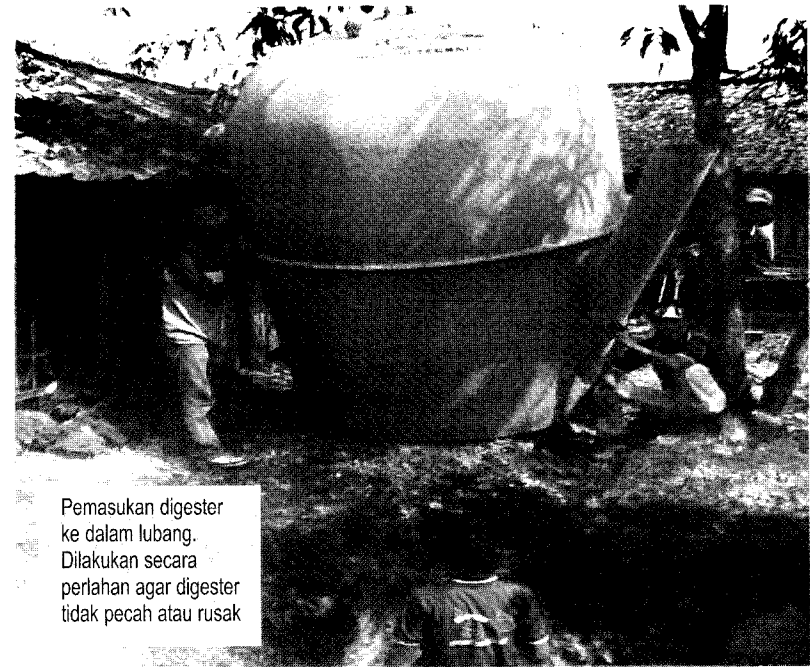
6. Pemasangan/instalasi

Setelah dibuat saluran pemasukan dan pengeluaran serta bak penampungan maka digester langsung dimasukkan ke dalam lubang tersebut. Caranya, digester secara perlahan dimasukkan ke dalam lubang/sumur. Pastikan posisi lubang *inlet* (pemasukan) dan *outlet* (pengeluaran) sudah pas.

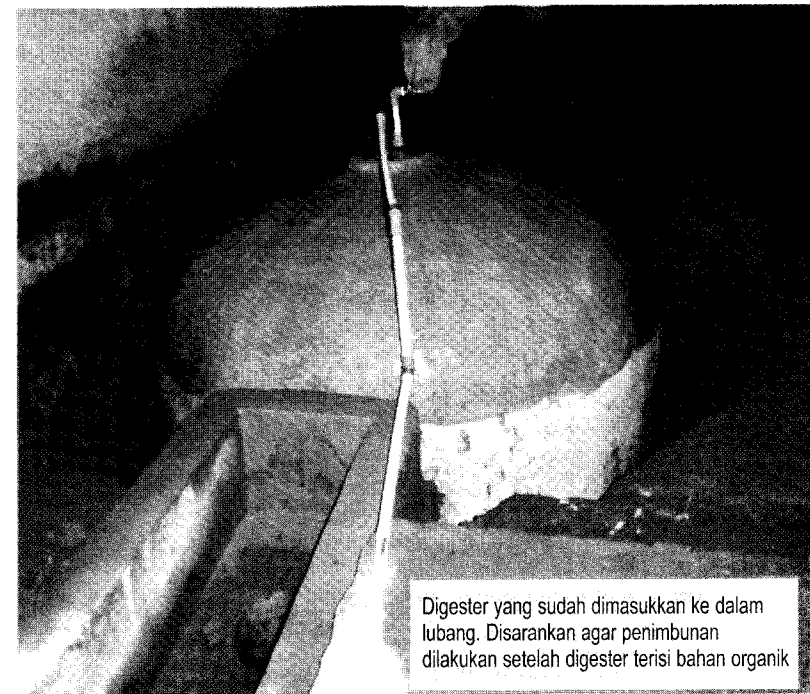
Untuk penimbunan di sekeliling digester, disarankan dilakukan apabila digester sudah terisi bahan organik. Hal ini dimaksudkan untuk menghindari kerusakan atau pecahnya digester.

7. Pemasangan pipa saluran gas

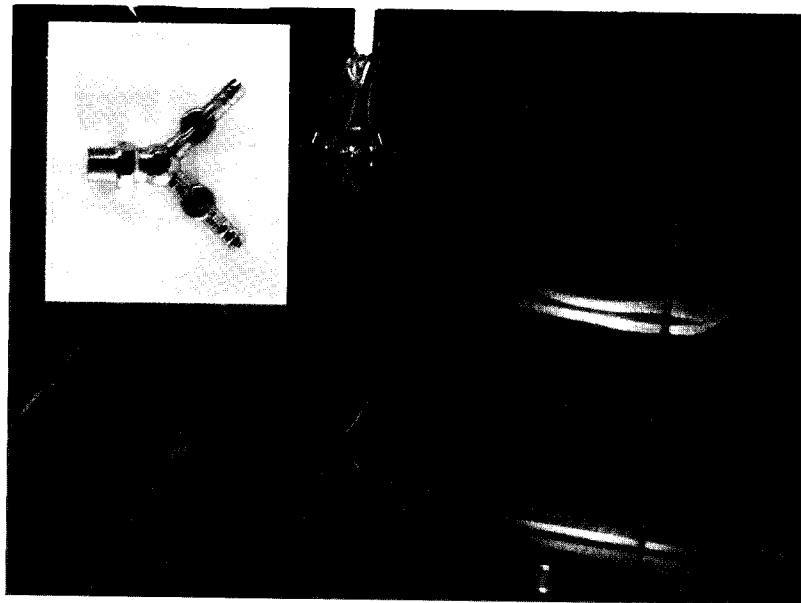
Jika digester sudah tertanam dengan baik maka kegiatan selanjutnya adalah pemasangan pipa saluran gas. Pipa saluran gas yang digunakan diusahakan terbuat dari bahan polimer (seperti pipa



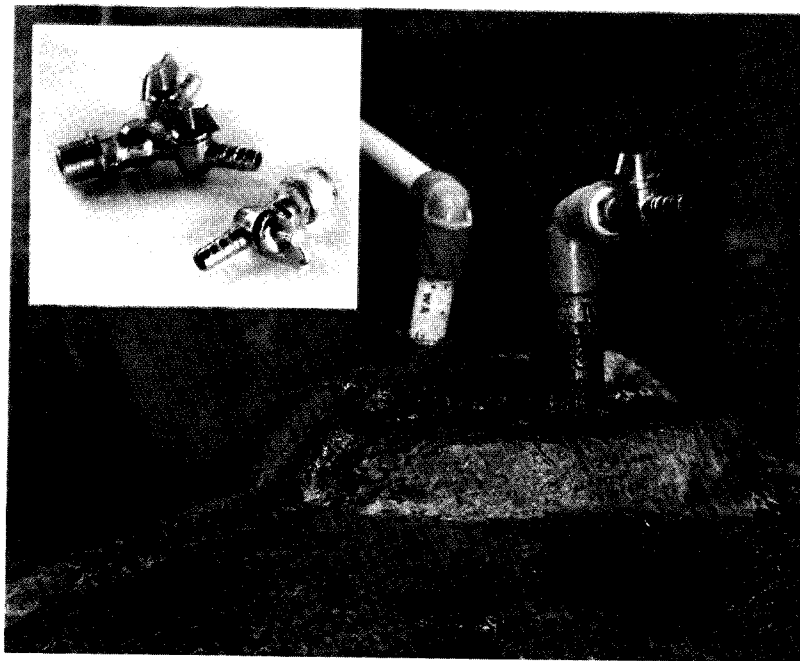
Pemasukan digester ke dalam lubang. Dilakukan secara perlahan agar digester tidak pecah atau rusak



Digester yang sudah dimasukkan ke dalam lubang. Disarankan agar penimbunan dilakukan setelah digester terisi bahan organik



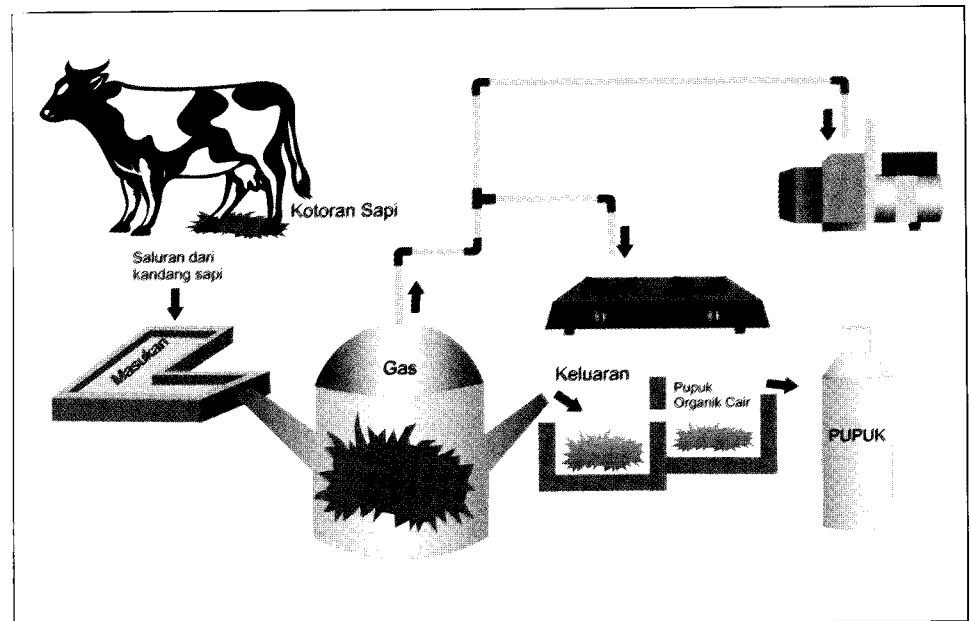
Pemasang selang dari pipa ke kompor gas. Pastikan tidak ada kebocoran gas di antara sambungan selang dengan pipa



Pemasangan pipa dan kran. Sebagai saluran gas dari digester ke kompor

PVC) ataupun selang PVC. Sementara ukuran pipa yang digunakan adalah berdiameter 0,5 inci.

Adapun cara pemasangannya adalah sebagai berikut. Pasang kran gas kontrol pada salah satu pipa paralon yang ada di bagian atas kubah digester, sedangkan satu pipa paralon lainnya disambungkan dan diarahkan ke dapur (tempat memasak) atau ke generator untuk menghasilkan listrik. Pada bagian ujung paralon di dapur kemudian dipasang kran gas dan diklem.



Skema instalasi digester biogas yang dihubungkan dengan kompor dan generator listrik



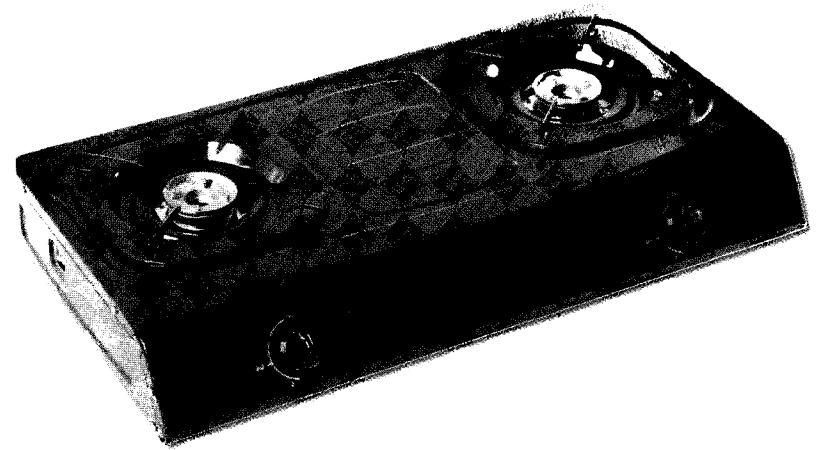
Bab 7

Mengoperasikan Biogas

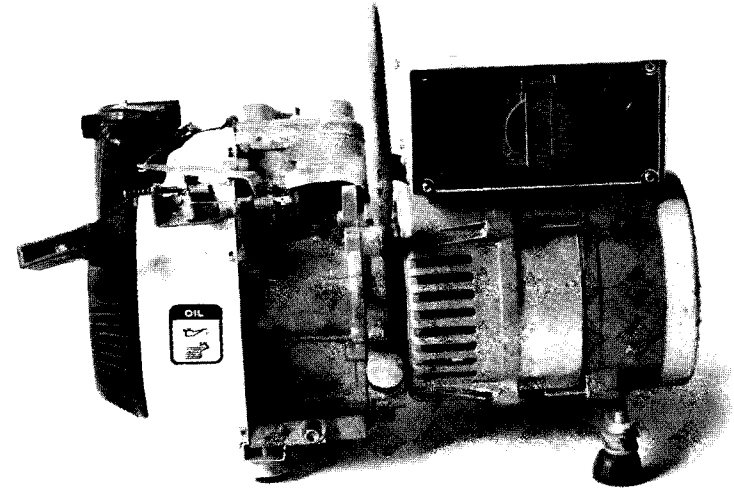
Pada dasarnya mengoperasikan kompor atau generator listrik yang menggunakan bahan bakar dari biogas tidaklah sulit. Sama seperti pengoperasian kompor gas elpiji atau generator listrik lainnya. Berikut ini akan disajikan cara mengoperasikan kompor dan generator listrik berbahan bakar biogas dari kotoran ternak sapi.

A. Menyiapkan Kompor/Generator

Sebelum menggunakan biogas sebagai bahan bakar, terlebih dahulu harus disiapkan kompor atau generator. Kompor yang digunakan adalah jenis kompor gas biasa. Namun, kompor gas tersebut telah dimodifikasi sehingga dapat memakai bahan bakar biogas. Seperti halnya kompor, generator listrik yang digunakan juga telah mengalami modifikasi sehingga bisa dinyalakan dengan memakai bahan bakar biogas. Kini, untuk mendapatkan kompor biogas dan generator listrik berbahan bakar biogas dapat dipesan kepada pembuat kompor dan generator modifikasi yang ada di pasaran.



Kompor biogas. Sama seperti kompor gas yang banyak digunakan masyarakat, tetapi perlu dimodifikasi sebelum digunakan sebagai kompor berbahan bakar biogas



Generator biogas. Sudah mengalami modifikasi sehingga hanya cocok digunakan jika menggunakan bahan bakar dari biogas

B. Cara Menggunakan Kompor Biogas

Sebelum kompor dinyalakan, pastikan digester mengandung biogas. Adapun cara menggunakan kompor biogas sebaiknya mengikuti langkah-langkah berikut.

- 1) Siapkan kotoran ternak sapi yang masih baru.



- 2) Campur air dengan perbandingan 1 : 2 (1 kotoran : 2 air), lalu aduk hingga rata.



- 3) Masukkan kotoran ternak ke dalam digester melalui lubang pemasukan. Pengisian awal dilakukan sampai batas optimal lubang pengeluaran atau kotoran diisi 60% dari kapasitas volume digester biogas.



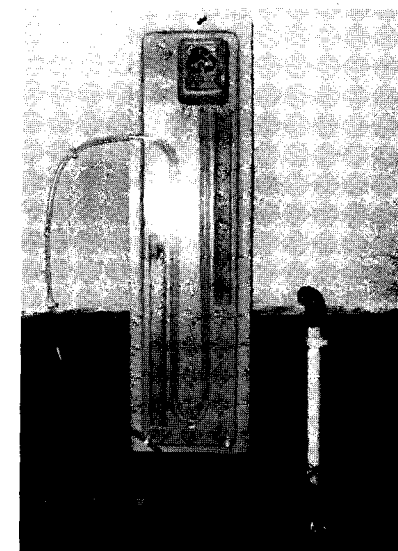
- 4) Selanjutnya diamkan selama 13—20 hari, dengan posisi kran gas kontrol dan ran gas pengeluaran yang tersalur ke kompor dalam keadaan tertutup. Tujuannya agar terjadi fermentasi bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi anaerob. Hasil dari proses fermentasi

akan terlihat pada hari ke-14 dan biasanya biogas (gas metan/ CH_4) sudah terkumpul pada bagian atas kubah digester. Gas pertama yang terbentuk jangan dibakar karena masih banyak campuran gas dan udara. Sebaiknya gas tersebut dikeluarkan dengan cara membuka kran.

- 5) Agar biogas dalam digester tersedia setiap saat

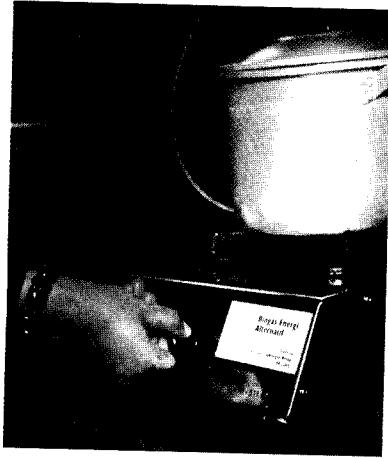


maka setiap hari sebelum digunakan sebaiknya memasukkan kotoran sapi yang dicampur air ke dalam digester biogas (2 kg kotoran sapi dan 4 liter air). Gas akan diproduksi terus-menerus. Namun, hal itu tergantung dari pemeliharaan dan cuaca. Untuk mendeteksi adanya biogas, dapat dilihat dari alat kontrol gas yang terpasang.

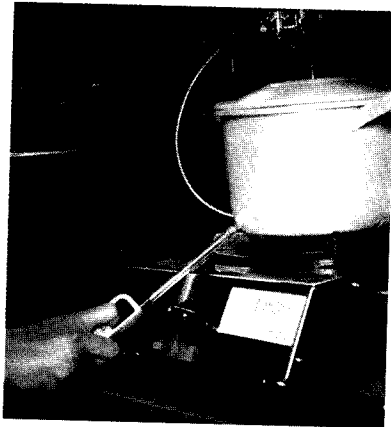


Jika sudah tersedia cukup biogas dalam digester maka kompor biogas pun siap digunakan untuk memasak. Adapun cara mengoperasikan kompor biogas sebagai berikut.

- 1) Buka kran gas secara perlahan sehingga gas akan mengalir ke kompor.

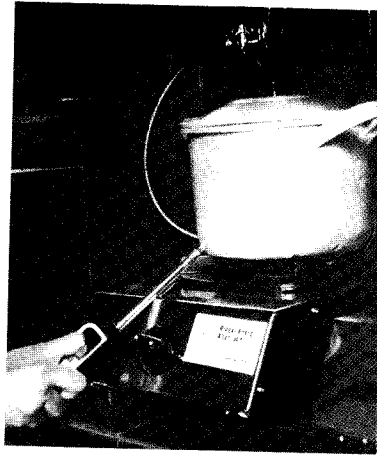


- 2) Lalu, nyalakan penyulut dekat kompor.



- 3) Setelah itu, dekatkan penyulut yang telah menyala pada tungku yang telah sehingga kompor menyala normal. Atur

nyala api sesuai dengan kebutuhan.



- 4) Pastikan kebutuhan gas mencukupi untuk kegiatan masak dengan melihat tekanan gas pada alat kontrol. Jika sudah masak maka matikan kompor gas dan pastikan Pastikan kran gas tertutup dan aman.



C. Cara Menggunakan Mesin Generator Listrik

Cara menghidupkan mesin generator sebagai berikut.

- 1) Pastikan persediaan gas cukup untuk waktu dan kapasitas listrik yang digunakan.
- 2) Pastikan saluran gas yang menuju generator sudah terpasang dengan baik.
- 3) Buka kran gas dengan perlahan sehingga gas mengalir ke generator
- 4) Hidupkan mesin generator dengan menarik tali starter.
- 5) Setelah mesin generator hidup dengan normal, tunggu beberapa menit sampai lampu indikator menyala, kemudian masukkan kabel ke colokan untuk mendapatkan aliran listrik.
- 6) Bila pemakaian sudah selesai, matikan mesin generator dengan cara menutup kran gas yang menuju ke generator.
- 7) Mesin generator hanya dapat dioperasikan 5 jam, namun setelah mesin dingin generator dapat dihidupkan kembali.



Bab 8

Mengolah Limbah dari Digester Biogas

Dari proses produksi biogas akan dihasilkan limbah atau sisa bahan organik. Limbah dari digester biogas tersebut ternyata memiliki nilai manfaat yang cukup tinggi, yaitu dapat dijadikan sebagai pupuk organik. Bahkan pupuk tersebut dapat langsung digunakan untuk memupuk tanaman.

A. Memanfaatkan Limbah sebagai Pupuk

Limbah biogas merupakan pupuk organik yang sangat kaya akan unsur-unsur yang dibutuhkan oleh tanaman. Bahkan, unsur-unsur tertentu seperti protein, selulose, lignin, dan lain-lain tidak dapat digantikan oleh pupuk kimia. Pupuk organik dari biogas telah dicobakan pada tanaman jagung, bawang merah, dan padi.

Limbah yang keluar dari digester biogas berbentuk lumpur yang mengandung cairan dan padatan. Limbah tersebut umumnya disebut dengan istilah *sludge*. Limbah tersebut akan keluar secara otomatis ketika digester diisi dengan bahan organik yang baru.



Limbah dari digester biogas. Dapat diolah menjadi pupuk cair dan padat organik

Limbah dari digester untuk sementara akan mengalir ke bak penampungan melalui lubang pengeluaran digester.

B. Pupuk Cair dan Pupuk Padat Organik

Limbah yang keluar dari digester dapat diolah menjadi pupuk cair dan pupuk padat. Kedua jenis pupuk tersebut bersifat organik. Untuk menghasilkan kedua pupuk tersebut cukup mudah. Adapun prosesnya akan dijelaskan berikut.

1. Pupuk cair organik

Adapun proses mendapatkan pupuk cair organik dari limbah digester biogas adalah sebagai berikut.

- 1) Ambil *sludge* dengan menggunakan ember.



- 3) Terlebih dahulu lakukan penyaringan sehingga yang tersaring hanya cairan, sementara padatan dipisahkan. Biarkan cairan yang sudah disaring selama 2 hari agar partikel-partikel mengendap sehingga cairan yang dihasilkan lebih bening seperti air teh.



- 2) Tampung dalam wadah penampungan yang lebih besar, dapat berupa tong plastik.



- 4) Cairan bening tersebut dapat ditambahkan dengan rempah seperti tepung jahe, kunyit atau bahan alami lainnya yang dapat berfungsi sebagai

pestisida nabati. Pupuk cair pun siap digunakan atau dapat dikemas.



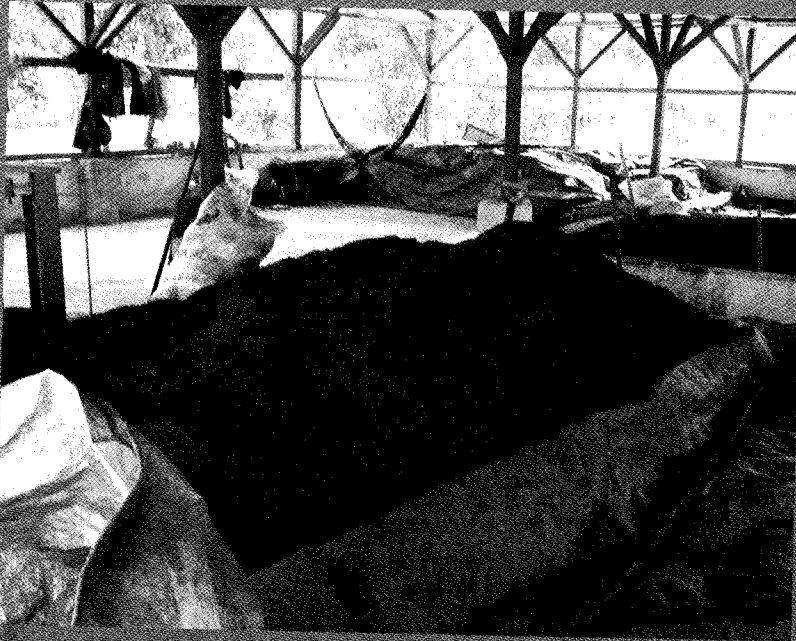
2. Pupuk padat organik

Sementara itu, proses pembuatan pupuk padat organik dari limbah digester biogas adalah sebagai berikut.

- 1) Saring *sludge*, terutama limbah padat, dan masukkan dalam bak penampungan. Biarkan sekitar 7 hari atau hingga kering.



- 2) Tambahkan starter seperti EM4 atau stardex, lalu lakukan pengadukan agar starter tercampur merata dengan bahan. Biarkan beberapa hari.
- 3) Lakukan pembalikan pada hari ke-14 dan ke-28.



- 4) Setelah 4—5 minggu, sudah menjadi pupuk organik padat dan siap digunakan.



Bab 9

Biaya Pembangunan Instalasi Digester Biogas

Dalam membangun instalasi digester biogas dibutuhkan sejumlah biaya pembuatan. Biaya pada kegiatan ini meliputi biaya instalasi dan biaya operasional.

A. Biaya Instalasi dan Operasional

Biaya instalasi dari pembuatan digester biogas adalah sebagai berikut.

TABEL 9. BIAYA INVESTASI PEMBUATAN DIGESTER KAPASITAS SKALA RUMAH TANGGA (5 M^3).

No.	Uraian	Satuan	Biaya Satuan (Rp)	Total (Rp)
1.	Investasi bangunan biogas (individu)	5 m^3	2.360.000	11.800.000
2.	Investasi tanah	18 m^2	500.000	9.000.000
Total Biaya				19.800.000

TABEL 10. BIAYA INVESTASI PEMBUATAN DIGESTER KAPASITAS SKALA KELOMPOK (17 M³).

No.	Uraian	Satuan	Harga Satuan (Rp)	Total (Rp)
1.	Investasi bangunan biogas (individu)	17 m ³	2.360.000	40.120.000
2.	Investasi tanah	34 m ²	500.000	17.000.000
Total Biaya				57.120.000

Biaya investasi tersebut di atas meliputi biaya bahan-bahan material untuk konstruksi, pembuatan digester, dan biaya upah pengerjaan. Biaya bahan-bahan pembantu pertukangan dan peralatan pengujian tidak termasuk dalam perhitungan ini.

Biaya operasional merupakan perkiraan biaya yang dikeluarkan untuk pemeliharaan digester, seperti biaya perbaikan dan pemeliharaan serta biaya penggantian peralatan yang umur ekonominya rendah. Biaya perbaikan dan pemeliharaan meliputi biaya perbaikan dan pemeliharaan kompor biogas dan pengecatan bagian luar unit pengeluaran digester. Sedangkan biaya penggantian peralatan adalah biaya untuk penggantian pipa-pipa PVC dan katup gas. Berdasarkan studi kasus di beberapa lokasi pengembangan digester, biaya operasional per tahun diperkirakan 10—15% dari biaya investasi (Kalia & Singh 1999).

B. Pendapatan

Biogas yang dihasilkan digunakan sebagai substitusi alternatif energi untuk keperluan sendiri. Pada kegiatan ini, perkiraan pendapatan diperoleh dari besarnya biaya pengeluaran LPG (*Liquid Petroleum Gas*) yang dapat dihemat melalui penggunaan biogas yang dihasilkan dan berdasarkan kesetaraan energi biogas terhadap LPG. Sebagai bahan perhitungan digunakan harga eceran tertinggi

LPG pada tahun 2008, sebesar Rp 55.000/12 kg atau sebesar Rp 4.600/kg. Kandungan energi LPG sebesar 49.51 MJ/kg, sedangkan biogas (70% methane) energinya 35 MJ/kg, sehingga kesetaraan energi biogas 70% terhadap energi LPG. Dengan produksi biogas sebesar 6 Nm³/hari atau 180 Nm³/bulan, maka penggunaan LPG yang dapat dihemat dalam satu tahun sebesar Rp 7.051.800 atau sekitar Rp 600 ribu/bulan.

Limbah dari digester biogas dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan kompos dengan tambahan penggunaan *effective microorganism* (EM). Kompos ini dijual Rp 400/kg atau Rp 20.000/karung. Diasumsikan limbah yang menjadi kompos sebesar 40% dari berat input kotoran per hari. Apabila 10 sapi menghasilkan kotoran sebanyak 200 kg/hari maka kompos yang dihasilkan per tahun setara dengan 29.200 kg(±29 ton)/tahun. Dengan harga jual tersebut di atas, tambahan penghasilan per tahun dari penjualan kompos rata-rata sebesar Rp 11.680.000/tahun atau sekitar Rp 1 juta/bulan. Ringkasan pevvvrkiraan pendapatan dari kegiatan pengembangan biogas yang berasal dari kotoran ternak sapi sebanyak 10—12 ekor seperti pada Tabel 11.

TABEL 11. PENDAPATAN DARI PENGEMBANGAN BIOGAS PADA KAPASITAS SKALA RUMAH TANGGA (5 M³).

No	Jenis	Kapasitas Produksi/Hari	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Biogas	2 M ³ (Setara minyak tanah 1,6 - 2 liter)	8.000	16.000
2.	Ampas/ Sludge padat	20 kg	500	10.000
3.	Pupuk cair	480 liter	3.000	48.000
Total				74.000

TABEL 12. PENDAPATAN DARI PENGEMBANGAN BIOGAS PADA KAPASITAS SKALA KELOMPOK (17 M³).

No	Jenis	Kapasitas Produksi/Hari	Harga (Rp)	Jumlah (Rp)
1.	Biogas	6.8 m ³ (setara minyak tanah 7 liter)	8.000	56.000
2.	Ampas/Sludge padat	170 kg	500	85.000
3.	Pupuk cair	1.020 liter	3.000	3.060.000
	Total			3.201.000



Daftar Pustaka

- Aman, S., *Analisa Dampak Lingkungan Kegiatan Peningkatan Daya Dukung Lahan di DAS Bila- Walanea Sulawesi Selatan*, Tesis Master, Fakultas Pasca Sarjana IPB, Bogor, 1982.
- Bella, A, Paul, J, D. Fisher, dan R. J. Loowis, *Environmental Psycology*, (W. B.Sounders Company: Philadelphia, London, Toronto, 1978).
- Djunaedi, *Dampak Industri Pupuk Urea Kujang Cikampek pada Aspek Sosial Ekonomi Masyarakat*, Program Pasca Sarjana IPB. Bogor, 1983.
- Edmunds. S dan Letey, I., *Environmental Administration* (Mc. Graw-Hill Book Company. New York, 1973).
- Haeruman, J. S., *Pengelolaan Lingkungan Hidup dalam Hubunganya dengan Teknologi dan Hukum*. Makalah, Penataran Anggota Bappeda Seluruh Indonesia dalam Analisa Dampak Lingkungan, Bandung, 1978.
- Haeruman, H., *Perencanaan dan Pengelolaan Lingkungan Hidup*, Program Pasca Sarjana IPB, Bogor, 1979.
- Irwanto, *Psikologi Umum* (Jakarta: Gramedia, 1989).

Maksudi, *Dampak Lingkungan dari Usaha Peternakan Sapi Perah Rakyat*, Pasca sarjana IPB, Bogor, 1993.

Miller, G. T. J., *Environmental Science on Introduction* (California: Wads Worth Publishing Company. 1986).

Pramudya, B dan Dewi, N., *Ekonomi Teknik*, Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 1992.

Sastrosupeno, Manusia, Alam, dan Lingkungan (Jakarta: Deprtemen Pendidikan dan Kebudayaan, 1984).

Simamora, S, Salundik, Wahyuni, Sri dan Sarajudin, *Membuat Biogas Pengganti Bahan Bakar Minyak dan Gas dari Kotoran Ternak* (Jakarta: Agromedia, 2006).

Soehadji, *Kebijaksanaan Pemerintah dalam Pengembangan Industri Peternakan dan Penanganan Limbah Peternakan*. (Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan Departemen Pertanian, 1992).

Soemarwoto, O., "Ekologi Desa: Lingkungan dan Kualitas Hidup", *Prisma* Tahun VII, LP3ES, Jakarta, 8 September 1978.

Soerianegara, I., *Pengelolaan Sumber Daya Alam*, Bagian II, Pasca Sarjana IPB, Bogor, 1978.

_____, *Peramalan dan Penelaahan Dampak Terhadap Lingkungan Biologis*. Training Analisa Dampak Lingkungan PPLH-UNDP-PUSDI PSL, IPB. Bogor, 1981.

Sudono, A., *Pedoman Beternak Sapi Perah* (Jakarta: Direktorat Jenderal Peternakan Departemen Pertanian, 1990).

Suratmo, F. G., *Analisa Dampak Lingkungan* Fakultas Pasca Sarjana. Bidang Keahlian Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan IPB. Bogor, 1981.

_____, *Analisa Mengenai Dampak Lingkungan* (Yogyakarta: Gadjah Mada University Press, 1990).

Wiryosuhanto, S. D., *Produksi dan Penggunaan Kotoran Ternak dalam Winarno et al Limbah Pertanian* (Kantor Menteri Muda Urusan Peningkatan Produksi Pangan, 1985).

Zuzuki, K., Takeshi, W., and Volum, "Concentration and cristallization of Phosphate, Ammonium, and Mineral in the Effluent of Biogas Digesters in the Mekong Delta", Vietnam, Jerean and Contho Univercity Vietnam, 2001.

Wahyuni, Sri, *Analisa Kelayakan Pengembangan Biogas Sebagai Energi Alternatif Berbasis Individu dan Kelompok Peternak*, Tesis, Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, 2008.



penulis

Sri Wahyuni, AMd, SE, MP, lahir di Kediri, tanggal 3 September 1972. Pendidikan dasar sampai menengah diselesaikannya di “negeri rempah-rempah” Maluku. Pendidikan tinggi diselesaikan di Institut Pertanian Bogor mengambil jurusan Teknisi Peternakan (1991—1994), kemudian melanjutkan pendidikan sarjana di Ekstensi Manajemen IPB, lalu ke STIKMA (Manajemen Bisnis). Pada tahun 2007 melanjutkan S2 di Magister Profesional Industri Kecil Menengah Fakultas Teknologi Pertanian IPB dan lulus tahun 2008.

Berbagai pengalaman penulis antara lain menjadi asisten praktikum (1996—2008) pada berbagai mata kuliah, memberikan pelatihan pengolahan wol domba di berbagai kabupaten, serta panitia workshop Animal On-By Product program studi Teknologi Hasil Ternak tahun 1999.

Penulis berperan serta dalam proyek percontohan penanganan limbah sapi perah teknologi mikroorganisme dan gasbio di Desa Kebon Pedes, Bogor pada tahun 2002. Berbagai pengalaman lain telah banyak penulis lakukan terutama tentang pengadaan limbah antara lain menjadi konsultan pada proyek Implementasi Pemulihan Kualitas Lingkungan Melalui Percontohan Pengadaan dan Pemasangan Biogas di KNLH, BATAMAS di Dirjen Peternakan, dan P2HP; Dirjen Perkebunan (Integrasi Sapi-Sawit); serta membuat peralatan dan perlengkapan biogas yang berasal dari *fiberglass*.

Konsultasi : PT Media Inovasi Transfer

Jl. Cikerti No 20 RT 03/RW 06 Ciomas, Bogor, Jawa Barat

Telp. 0251-8631537; Email: swenitrans@yahoo.com